



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**ASUINKERROSTALON  
LISÄKERROSRAKENTAMINEN  
PUURAKENTEISILLA TILAELEMENTEILLÄ**

Anttoni Jokinen

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Diplomityö

Toukokuu 2019



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**ASUINKERROSTALON  
LISÄKERROSRAKENTAMINEN  
PUURAKENTEISILLA TILAELEMENTEILLÄ**

Anttoni Jokinen

Ohjaajat: Antti Niemi, Marko Mustonen

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Diplomityö

Toukokuu 2019

# TIIVISTELMÄ

## OPINNÄYTETYÖSTÄ

Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma		Pääaineopinnojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä  Jokinen, Anttoni		Työn ohjaaja yliopistolla  Niemi, Antti, TkT, dosentti	
Työn nimi Asuinkerrostalon lisäkerrosrakentaminen puurakenteisilla tilaelementeillä			
Opintosuunta Rakennesuunnittelu ja rakentamisteknologia	Työn laji Diplomityö	Aika Toukokuu 2019	Sivumäärä 113 s., 1 liite
Tiivistelmä  Suomen asuinkerrostalojen rakennuskannasta suuri osa on rakennettu 1960- ja 1970-luvulla ja ne ovat suurten peruskorjausten tarpeessa. Erityisesti vanhan rakennuskannan LVIS-tekniikka vanhentunutta ja lämmöneristys heikko, jolloin energiankulutus on huomattavasti suurempi uudisrakennuksiin verrattuna. Täydennys- ja lisäeristämisen avulla pyritään rahoittamaan vanhan rakennuskannan korjaustoimenpiteitä. Rahallinen etu saadaan tontin omistajan tai taloyhtiön myydessä käyttämätöntä tai kaavamuutoksella hankittua lisäeristys-oikeutta. Täydennysrakentaminen luo lisää asuinmahdollisuuksia alueille, joissa liikenneyhteydet ja palvelut ovat entuudestaan valmiina. Lisäkerrosrakentaminen on yksi täydennys- ja lisäeristämisen keinoja. Työn tarkoituksena on selvittää lisäkerrosrakentamista rajoittavat viranomaismääräykset, lisäkerrosten rakentamisen tekniset haasteet sekä tutkia työn tilaajan valmistamien puurakenteisten tilaelementtien soveltuvuutta lisäkerrosrakentamiseen. Viranomaismääräykset luovat lisäkerrosrakentamiselle reunaehdot kaavoituksen, paloturvallisuuden, esteettömyyden, meluntorjunnan sekä ääniolosuhteiden osalta. Lisäkerrosrakentamisen rakennetekniset haasteet liittyvät vanhojen asuinkerrostalojen perustusten ja jäykistyksen kestävyys- sekä mahdollisten lisäkuormitusten lisäämiseen. Betonirakenteiset asuinkerrostalot ovat lujatekoisia, jolloin niiden kantavien rakenteiden ominaisuudet sallivat helposti kevytrakenteisten lisäkerrosten rakentamisen.			
Tutkimuksessa tutustutaan lisäkerrosrakentamisesta julkaistuihin tieteellisiin artikkeleihin sekä toteutettujen hankkeiden suunnitelmiin. Suomen rakennuskannan historiasta ja lisäkerrosrakentamisesta käsittelevistä julkaisuista toteutettiin kirjallisuuskatsaus, jolla pyrittiin kokoamaan tarvittavaa tietoa tutkimukseen. Tutkimustyön kirjallisen aineiston lisäksi tutkimusaineistoa kerättiin haastattelemalla Helsingin rakennusvalvonnan rakenneyksikön päällikköä Risto Levantoa ja kahdessa lisäkerrosrakentamiskohteessa rakennesuunnittelijana toiminutta Teemu Männistöä. Ulkomaalaisia esimerkkejä lisäkerrosrakentamisesta kerättiin verkkojulkaisuiden sekä lisäkerrosrakentamisen alalla toimivien rakennusyritysten referenssikohteista julkaistun materiaalin avulla.			
Tutkimustyön tilannut yritys valmistaa puurakenteisia tilaelementtejä Suomessa uudisrakentamiskohteita varten. Tilaelementeillä rakennetaan puurakenteisia kerros- ja luhtitaloja, joiden perustukset ovat betonirakenteisia. Puurakenteisten lisäkerrosten rakentaminen on yleistynyt Suomessa ja esimerkkikohteita on useita. Suomessa rakennettuja lisäkerrosrakentamiskohteita, joissa olisi käytetty puurakenteisia tilaelementtejä ei tutkimuksen aikana ole löytynyt. Tilaelementeillä pyritään nopeuttamaan lisäkerrosten rakentamisaikaa sekä pienentämään asuinkerrostalon asukkaille aiheutuva häiriö rakentamisprojektin aikana.			
Puurakenteiset tilaelementit ovat tehdasolosuhteissa valmistettuja esivalmisteosia, jotka toimivat itsenäisinä tai yhdisteltyinä tilaratkaisuin. Tilaelementit ovat lähtökohtaisesti sovellettavissa lisäkerrosrakentamiseen, mutta tutkimuksessa ilmeni, että tutkitavan tilaelementtituotteen rakenteellinen kokonaisuus ja LVIS-tekniikka tuottavat haasteita sen soveltamisessa lisäkerrosrakentamiseen. Tilaelementtituotteen rakenteelliset tekijät vaikuttavat epäedullisesti lisäkerroksen rakenteiden tuentaan sekä LVIS-liitosten toteuttaminen epäedullisesti lisäkerrosten asentamiseen ja toteutukseen. Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että tilaelementtituotteen pienillä rakenteellisilla muutoksilla sekä LVIS-läpivientien sijoittumista muuttamalla tilaelementtituotteen soveltaminen lisäkerrosrakentamiseen on paremmin mahdollista. Tilaelementtituotetta tullaan joka tapauksessa jatkokehittämään, jolloin lisäkerrosrakentamista ajatellen mahdolliset muutokset voidaan ottaa huomioon tuotteen jatkokehittämisyvaiheessa.			
Asiasanat: lisäkerrosrakentaminen, puurakenteiset tilaelementit, asuinkerrostalon korottaminen			
Muita tietoja			

# ABSTRACT FOR THESIS

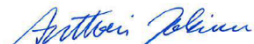
University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Master's Program in Civil Engineering		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author  Jokinen, Anttoni		Thesis Supervisor  Niemi, Antti, D.Sc. (Tech.), docent	
Title of Thesis Roof Extensions on Apartment Buildings with Timber Framed Modules			
Major Subject Structural Engineering and Construction Technology	Type of Thesis  Master's Thesis	Submission Date  May 2018	Number of Pages  113 p., 1 App.
<p>Abstract</p> <p>A major portion of Finnish apartment buildings were built in the 1960's and 1970's and they are under a substantial need of renovation. Especially because of poor thermal insulation and outdated HVAC systems the old building stock sets the peak in energy consumption. Complementary construction aims to finance the refurbishment measures by purchasing unused building right from the housing company or land owner. Additional storey construction is one of complementary construction practices by increasing housing stock in well-developed boroughs and restrains the urban structure from spreading. This research aims to clarify the regulatory provisions set by the public authority, examine the structural challenges in roof extensions and research the feasibility of the timber framed modules for roof extensions manufactured by the commissioning company of this research. The structural challenges consist of foundations and stiffening of the apartment building and therefore does it have the capacity for additional loads. Concrete framed apartment buildings are notably very robust structures, hence light weight roof extension would be suitable. In addition, the regulatory provisions comprise preconditions that needs to be considered regarding land use plan, fire safety, accessibility and acoustics.</p> <p>Literature regarding roof extension and structural plans of implemented roof extension projects were examined for this research. Research concluded a literature review about the history of the 60's and 70's building stock and publications concerning roof extensions to obtain basic information. In addition to publications, information was gathered with interviewing Structural Engineer Teemu Männistö who has experience in roof extensions and the Head of Structural Department at Helsinki Building Control Office Risto Levanto. Examples of completed roof extension abroad were researched from publications and reference material provided by different construction companies.</p> <p>The commissioning company of this research is manufacturing prefabricated timber framed modules for construction. Timber framed modules are being assembled on concrete foundations at the construction site forming an apartment building or a multi-dwelling house with access balconies. Any roof extension constructed in Finland with timber framed modules weren't discovered during this research. By using prefabricated modules, the erection time of the extension is estimated to be more rapid. Therefore, the disturbance for the tenants is more bearable. Prefabricated modules are manufactured in factory conditions and they operate as an individual housing unit or in a combination of modules forming bigger apartment layouts. In principle the modules are suitable for roof extensions but as the research found out there are some disadvantages concerning the modules. Features of the module's load bearing structures creates a disadvantage affecting the supportive structure's spacing unfavourably. Furthermore, the HVAC installation point is located at the bottom of the module which requires additional space for installation and maintenance between the existing building and the extension. Consequently, the conducted research implies minor alterations on the module's structural framework and HVAC systems. However, the modules are under continuous development so minor alterations could be taken into consideration to widen the scope of application.</p> <p>Key words: roof extension, timber framed modules, additional storey construction</p>			
Additional Information			

# ALKUSANAT

Diplomityön päätarkoituksena on tutkia tilaelementtien käyttömahdollisuutta lisäkerrosrakentamiseen. Työn tilanneen yrityksen tarkoituksena on luoda korjausrakentamista palvelevia esivalmistettuja rakennusosia, joiden avulla korjausrakentamisen tapauskohtaisuutta saataisiin vakioitua. Diplomityö aloitettiin lokakuussa 2018 ja se suoritettiin työsuhteessa muiden työtehtävien ohella sekä tutkimukselle budjetoitiin 4,5 kuukauden työtuntimäärä. Oulun yliopiston puolesta työn ohjaajana toimi Antti Niemi, jolle haluan antaa kiitokset sujuvasta yhteistyöstä ja ohjaamisesta työn toteutuksen aikana. Kiitän myös kaikkia muita työssä mukana olleita osapuolia ja erityisesti haastateltavana olleita henkilöitä, jotka mielellään jakoivat tietotaitoansa tutkimukselle.

Haluan antaa erityiskiitokset työtäni ohjaajalleni Marko Mustoselle, joka raudanlujalla rakennusalan kokemuksella tietää aiheesta kuin aiheesta sekä mahdollisti puitteet diplomityön toteutukselle. Haluan myös kiittää perhettäni korkeakouluopintoihin ohjaamisesta sekä tuesta ja kannustuksesta opintojeni aikana. Kiitokset kuuluvat myös avopuolisolleni Emmille, ystäville ja mahtavalle työporukalle kannustuksesta ja ymmärryksestä diplomityön kirjoittamisen aikana. Kirjoitusprosessin aikana keskittyminen on ollut kiinni hyvästä musiikista ja siitä kuuluu kunnianosoitus Anjunabeats levy-yhtiölle, jonka tuotantoa olen suurkuluttanut tutkimustyön aikana.

Helsingissä, 23.5.2019 

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO .....	9
1.1 Aiheen esittely .....	9
1.2 Tavoitteet .....	10
1.3 Rajaukset .....	11
1.4 Tutkimusmenetelmät .....	11
2 SOVELTUVAT KOHTEET LISÄKERROSRAKENTAMISELLE .....	13
2.1 Elementtirakentaminen .....	15
2.1.1 BES-tutkimus .....	17
2.1.2 Runkotyypit .....	19
2.1.3 Tyypilliset kerrostalorakennukset .....	22
2.2 Kerrostalot 1960- ja 1970 -luvulla .....	22
2.2.1 Julkisivut .....	24
2.2.2 Porrashuone ja hissi .....	24
2.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmät .....	25
2.2.4 Paloturvallisuus .....	27
2.3 Kantavat rakenteet .....	27
2.3.1 Perustukset .....	27
2.3.2 Kantavat seinät .....	28
2.3.3 Jäykistys .....	28
2.3.4 Väli- ja yläpohjat .....	29
2.3.5 Vesikatto .....	30
2.4 Rakennuskannan yhdenmukaisuudet .....	30
3 LISÄKERROSRAKENTAMISEN PERIAATTEET JA RAJOITUKSET .....	32
3.1 Rakenteiden ja perustusten kantavuus .....	34
3.1.1 Perustukset .....	35
3.1.2 Rakennuksen kantavat rakenteet .....	36
3.1.3 Jäykistys .....	37
3.2 Rakennuksen esitietojen luotettavuus .....	38
3.3 Viranomaismääräykset .....	39

3.3.1 Asemakaava ja poikkeaminen .....	39
3.3.2 Lisäkerroksen alapohja .....	41
3.3.3 Väestönsuoja .....	42
3.3.4 Uloskäytävän vaatimukset .....	42
3.3.5 Esteettömyys .....	43
3.3.6 Pysäköintipaikkamäärä .....	44
3.4 Rakennuksen LVIS .....	47
3.4.1 Ilmanvaihto .....	47
3.4.2 Vaikutukset alueen LVIS-verkostoihin .....	48
3.4.3 Vaikutukset talon LVIS-järjestelmiin .....	49
3.5 Porraskäytävä ja hissi .....	50
3.6 Lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksien selvittäminen .....	52
3.7 Paloturvallisuus .....	54
3.7.1 Suojaverhous .....	57
3.7.2 Rakennustarvikkeiden luokitus .....	58
4 LISÄKERROSRAKENTAMINEN SUOMESSA JA MAAILMALLA .....	60
4.1 Lisäkerrosrakentaminen Suomessa .....	60
4.1.1 Laajasalo, Helsinki .....	60
4.1.2 Munkkiniemi, Helsinki .....	62
4.1.3 Paavola, Hyvinkää .....	64
4.2 KLIKK-tutkimus lähiöiden korjausmenetelmien kehittämiseksi .....	66
4.3 Puurakennejärjestelmien teollinen valmistus .....	67
4.3.1 Tilaelementit .....	68
4.3.2 Suurelementit .....	69
4.3.3 CLT (Cross Laminated Timber) .....	70
4.4 Lisäkerrosrakentaminen maailmalla .....	70
4.4.1 Lontoo .....	72
4.4.2 Tanskalainen innovaatio SOLTAG .....	74
4.4.3 Ruotsi .....	75
5 LEHTO COMPONENTS -TILAELEMENTTITUOTANTO .....	78
5.1 Puurakenteiset tilaelementit .....	79
5.1.1 Tilaelementtien kantavat rakenteet ja jäykistys .....	81
5.1.2 Paloturvallisuus .....	81
5.1.3 Kosteudenhallinta .....	82
5.1.4 Tilaelementtivalmistus .....	83
5.1.5 Rakennetyypit .....	86
5.1.6 Energiatehokkuus .....	88

5.1.7 LVIS läpiviennit.....	89
5.1.8 Tilaratkaisut .....	89
5.2 Tilaelementtisuunnitelmat .....	91
5.3 Muutokset tilaelementeissä.....	91
6 TILAELEMENTTITUOTTEET SOVELTUVUUS LISÄKERROSRAKENTAMISEEN .....	93
6.1 Suunnittelu .....	93
6.1.1 Lähtötiedot.....	94
6.1.2 Rakenteiden tuenta .....	95
6.1.3 Kantavien rakenteiden tarkastelu ja jäykistys.....	96
6.1.4 Muut suunnitteluosapuolet .....	97
6.2 Välitila .....	98
6.2.1 Tuentapalkisto.....	99
6.2.2 Ääneneristys.....	100
6.3 Vanha ja uusi vesikatto.....	100
6.4 Kosteudelta suojaus.....	100
6.5 Palotekninen suunnittelu .....	101
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	103
LÄHDELUETTELO.....	107

#### LIITTEET:

Liite 1. Tilaelementin tukipainekestävyyden laskenta ja tuentapisteiden määrittely.



## MERKINNÄT JA LYHENTEET

ARA	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus
ARAVA	Asuntorakennustuotannon valtuuskunta
BES	Betonielementtisysteemi
CLT	Cross Laminated Timber (Ristiin Laminoitu Puu)
ke-m <sup>2</sup>	Kerrosneliömetri
Kerto-S	Viilupuupalkki
KLIKK	Lähiöiden käyttäjä- ja liiketoimintalähtöinen korjauskonsepti
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö
SURE-Fit	Sustainable Roof Extension Retrofit for High-Rise Social Housing in Europe

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Aiheen esittely

Toista maailmansotaa seuranneiden vuosikymmenien rakentamisen räjähdysmäinen kasvu on tuottanut ison osan nykyisestä rakennuskannasta. 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalojen korjaustarve on tunnistettu nykypäivänä laajasti rakentamisen alalla ja erityisesti vanhan rakennuskannan huono energiatehokkuus vaikuttaa suuresti koko rakennuskannan energiankulutukseen. Rakennusten korjaustöitä voidaan rahoittaa täydennys- ja lisärakentamisella saatujen tuottojen avulla, mikä parantaisi vanhan rakennuskannan arvoa sekä jatkaisi rakennusten elinkaarta.

Lisäkerrosrakentaminen on yksi vaihtoehto asuinkerrostalon täydennys- ja lisärakentamiselle. Asunto-osakeyhtiö voi halutessaan myydä käyttämätöntä tai asemakaavamuutoksella saamaansa lisärakennusoikeutta rakennusyhtiölle, joka toteuttaa lisäkerrosten rakentamisen. Lisärakentamisen yhteydessä on suositeltavaa myös suorittaa muita korjaustöitä, jolloin korjaustoimenpiteiden häiriön kokonaiskesto asukkaille pienenee.

Lehto Group Oyj:n omistama tytäryhtiö Lehto Components Oy valmistaa tehdasvalmisteisia puurakenteisia tilaelementtejä, joiden käyttömahdollisuutta lisäkerrosrakentamiseen tutkitaan tässä tutkimustyössä. Esivalmisteisten rakennusosien käyttö rakentamisessa on Lehdon strategian mukaista ja tilaelementtien käyttömahdollisuuksia pyritään laajentamaan lisäkerrosrakentamisella. Tilaelementtituotetta valmistetaan puurakenteisten luhti- ja kerrostalojen rakentamiseen.

Lisäkerrosrakentaminen Suomessa on ollut vähäistä ja tulevaisuudessa sen merkitys kasvaa osana kaupunkialueiden täydennysrakentamista. Lisäkerrosrakentamista kohtaan on myös herännyt selvä mielenkiinto taloyhtiöiden puolesta ja se nähdään hyvin trendikkäänä rakentamisen muotona. Täydennys- ja lisärakentamisella pyritään tiivistämään kaupunkirakennetta ja luomaan lisäasuntoja alueille, joissa palvelut ja kulkuyhteydet ovat jo toimivat.

Tilaelementtejä tuottavan Lehto Components yrityksen tilaelementtituotteet ovat käytössä puurakenteisten asuinkerrostalojen rakentamiseen. Tilaelementtien

käyttömahdollisuuksien laajentamisella tehdastuotannon tuomia etuja olisi mahdollista hyödyntää myös korjausrakentamiseen. Vaikka lisäkerrosrakentaminen käsitellään uudisrakentamisena rakentamisen määräyksissä sekä ohjeissa, on se myös rinnastettavissa korjausrakentamiseen. Taloyhtiöille ja osakkaille lisäkerrosrakentamisen toissijaiset hyödyt ovat vanhan rakennuskannan korjaustoimenpiteiden rahoittamisessa.

## 1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää Lehto Components Oy:n valmistamien esivalmisteosien soveltuvuutta lisäkerrosrakentamiseen sekä selvittää viranomaisvaatimukset, tekniset haasteet ja vaatimukset lisäkerrosrakentamiselle 1960- ja 1970-luvun betonirakenteiseen asuinkerrostaloon. Lisäksi tavoitteena on tuoda esille lisäkerrosrakentamiseen liittyviä rajoituksia ja reunaehtoja. Lisäkerrosrakentamista rajoittavia ja ohjaavia viranomaismääräyksiä, paloturvallisuuden ohjeita ja kaavoituksen rajoitteita sekä määräyksiä käsitellään tutkimuksen teoriaosuudessa.

Tutkimusongelmat voidaan selkeyttää kolmeen eri tutkimuskysymyksiä seuraavalla tavalla:

1. Lehto Components Oy:n tuottamien puurakenteisten tilaelementtituotteiden sekä tuotannon soveltuvuus lisäkerrosrakentamiseen.
2. Rakennusten historia 1960- ja 1970-luvulla sekä asuinkerrostalojen runkorakenteet, tilaratkaisut sekä rakentamisen säännönmukaisuuden.
3. Lisäkerrosrakentamista ohjaavat määräykset sekä rajoitteet.

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä selvitetään, onko esivalmistetut puurakenteisten tilaelementtituotteet ja niiden tuotanto soveltuva lisäkerrosrakentamiseen. Lisäksi tutkimuskysymyksessä selvitetään tilaelementtien rakenteellisen kokonaisuuden soveltuvuutta asuinkerrostalon lisäkerrokseksi.

Toisessa tutkimuskysymyksessä perehdytään vuosien 1960- ja 1970-luvun rakennuskantaan ja siinä esiintyviin rakennusten yhdenmukaisuuteen. Lisäksi toisen tutkimusongelman tarkoituksena on selvittää rakennuskannan tyypillisiä rakenneratkaisuja ja rakennusmateriaaleja sekä betonirakenteiden toteutuksen ja esivalmisteosien käytön vaikutukset rakennuskannan yhdenmukaisuuteen.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä selvitetään lisäkerrosrakentamista ohjaavien määräyksien ja vaatimusten vaikutuksia suunnitteluun ja toteuttamisvaihtoehtoihin. Kolmas tutkimuskysymys keskittyy lisäkerrosrakentamiseen liittyvien viranomaismääräysten asettamiin reunaehtoihin, jotka tulee ottaa huomioon lisäkerrosrakentamisessa.

### **1.3 Rajaukset**

Tutkimustyö rajataan 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalojen rakennuskantaan. Suuren rakentamisajan asuinkerrostaloissa on huomattavissa toistuvia ominaispiirteitä, joiden nähdään parhaiten soveltuvan modulaariseen korotusrakentamiseen. 1960- ja 1970-luvun rakennuskanta vastaa hyvin suurta osaa nykypäivän rakennuskannasta ja on laajamittaisen korjaustarpeen alla.

Lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksien kannalta työssä käsitellään lisäkerrosrakentamista pääkaupunkiseudun alueella. Lisäkerrosrakentamiseen vahvasti vaikuttavana tekijänä on asuntojen myyntihinnat, joiden arvioidaan olevan tarpeeksi korkeat ainoastaan Suomen isoimmissa kaupungeissa. Työssä käsiteltävistä lisäkerrosrakentamiseen liittyvistä rajoitteista ja määräyksistä suurin osa on kuitenkin yleistettävissä koko maahan.

Lisäkerrosrakentamista käsitellään tässä työssä rakennesuunnittelun näkökulmasta, jolloin muiden suunnitteluosien vaatimuksia ja rajoituksia käydään läpi pääpiirteittäin. Ulkopuolelle on myös rajattu eri suunnitteluosapuolien suunnittelun tarkempi käsittely, jolloin tutkimuksessa käydään läpi vain lisäkerrosrakentamisen rakennetekniseen osaluokkaan vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen ulkopuolelle on rajattu valmiiden suunnitelmaluonnosten tekeminen, sillä suunnittelutyö on aina kohdekohtaista.

### **1.4 Tutkimusmenetelmät**

Suomen rakennuskannan historiasta, lisäkerrosrakentamista koskevista määräyksistä ja ohjeista sekä lisäkerrosrakentamista käsittelevistä julkaisuista toteutettiin kirjallisuuskatsaus, jolla pyrittiin kokoamaan tarvittavaa tietoa tutkimukseen. Tutkimuksen aineisto koostuu kirjallisuuden lisäksi asiantuntijahaastattelusta sekä tilaelementtituotteen suunnittelu- ja toteutusaineistosta. Tutkimustyössä esitetään

viranomaismääräykset, jotka ohjaavat ja luovat rajoitteita lisäkerrosrakentamiselle sekä tuodaan esille myös tulkintamenettelyjä, jotka vaikuttavat lisäkerrosrakentamisen toteuttamiseen. Kirjallisuuskatsauksen tietoja verrataan tilaelementeistä kerättyyn aineistoon ja tutkitaan siten tilaelementtien soveltuvuutta lisäkerrosrakentamiseen.

Tutkimuksessa toteutetaan asiantuntijoiden teemahaastatteluja, joilla pyritään keräämään hiljaista tietoa lisäkerrosrakentamiseen liittyvistä haasteista sekä viranomaismääräyksistä. Tutkimuksessa haastatellaan Helsingin rakennusvalvonnan rakenneyksikön päällikköä Risto Levantoa sekä kahden toteutuneen lisäkerrosrakentamiskohteen rakennesuunnittelijaa Teemu Männistöä. Näiden haastatteluiden lisäksi tilaelementtituotteeseen ja niiden tuotantoon tutustutaan haastatteleamalla tilaelementtituotteen suunnittelijoita sekä tuotannon henkilöstöä.

Työssä tutkitaan Lehto Components Oy:n tilaelementtien suunnittelun sekä tuotannon soveltuvuutta lisäkerrosrakentamiseen. Työn tutkimusvaiheessa tutustutaan tilaelementtien tuotantoon Lehto Components Oy:n Oulaisten Kalliokurun tehtaalla sekä niiden suunnitteluun ja toteutukseen rakenne- ja toteutussuunnitelmien avulla. Tilaelementtien rakenteellista ja tuotannollista soveltuvuutta lisäkerrosrakentamiseen verrataan teoriaosuudessa esitettyihin reunaehtoihin.

## **2 SOVELTUVAT KOHTEET LISÄKERROSRAKENTAMISELLE**

Rakennusala ja rakennettu ympäristö koskettaa jokaista jollakin tavoin ja sillä on merkittävä rooli kansantaloudessamme. Kansallisesti rakennusala on yksi suurimpia investointieriä ja rakentamisen arvo on vuosittain noin 28 miljardia euroa. Suomessa rakentamisen investoinnit ovat noin kaksi kolmasosaa tehtävistä investoinneista. Huolestuttavaa rakennuskannan osalta on se, että osa on välittömässä perusparantamisen ja korjaamisen tarpeessa. Arvioiden mukaan Suomessa korjausvelkaa on noin 30-50 miljardia euroa. (Soikkeli ym. 2015, s. 18)

Esikaupunkialueet eli lähiöt 1960- ja 1970-luvuilta ovat suomalaisen rakennuskannan merkittävin yksittäinen osuus. Suomalaisesta kansallisvarallisuudesta huomattava osa onkin sitoutunut vanhaan rakennuskantaan. Nykypäivänä vanhempi rakennuskanta lähiöalueilla kärsii arvostuksen puutteesta sekä rakennusten tekniset järjestelmät lähestyvät käyttöikänsä loppua. Lähiöalueiden rakennukset ovat monelle yksitoikkoisia ja toiminnallisilta mahdollisuuksiltaan rajoittuneita sekä suurimmassa osassa esteettömyydessä on paljon parannettavaa. Lähiöalueet ovat hyvin usein mainettaan parempia, joten niitä tulisi kehittää. (ARA 2016, s. 28)

Rakentamisen painopiste on lähitulevaisuudessa lähiöiden korjaus- ja täydennysrakentamisessa. Lähiöalueiden haastavuutta lisäävät rakennuskannan energiatehokkuuden parantamisen tavoitteet. Energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät jo lähivuosina tavoitteena lähes nollaenergiarakentaminen. Uudisrakentamisella ei ole läheskään yhtä suurta vaikutusta energiatehokkuuden parantamiseen. Suurin merkitys energiatehokkuuden parantamiseen nähdään nykyisen rakennuskannan korjaustoimenpiteissä. Lähiörakennukset ovat tällä hetkellä rakennuskantamme energiatehottomin osa sekä ne luovat haasteita niiden heikon eristämisen ja suuren määrän johdosta. (Soikkeli ym. 2015, s. 18)

Lähiökerrostalojen korjaustarpeeseen liittyvät myös talotekniikka sekä julkisivut, joiden vanheneminen vaatii korjaustoimenpiteitä. Haasteita rakennuskannan kehittämiseksi tuovat ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen liittyvät energiatehokkuuden vaatimukset sekä väestön ikääntyminen. Vanhan rakennuskannan ominaisuudet, kuten varustelutaso, ei vastaa asukkaiden nykyisiä toiveita ja vaatimuksia. Lähiöiden rakennuskantaa on

korjattu paikoittain, mutta korjaukset ovat olleet lähinnä pintapuolisia ja esteettisiä. (Soikkeli ym. 2015, s. 18)

Täydennysrakentaminen sekä esikaupunkialueiden kehittäminen ovat tulevaisuudessa tärkeä Helsingin maankäytön ja asuntotuotannon strateginen painopiste. Esikaupunkien renessanssi -hankkeen keskeisimpänä tavoitteena on esikaupunkialueiden täydennysrakentamismahdollisuuksien selvittäminen hyvien toimintatapojen edistäminen. Hankkeen tarkoituksena on tähdätä Helsingin kaupungin nykyisten esikaupunkialueiden systemaattiseen kehittämiseen täydennysrakentamisella. (Santaoja ym. 2008, s. 37)

Vaikka perusparannustarve taloyhtiössä tiedostetaan yleisesti, on vaikeudeksi muodostunut perusparannuspäätösten läpivieminen taloyhtiöiden päättävissä elimissä. Korjaushankkeiden suunnittelu, rakennuttaminen ja itse korjaustyön käytänteet ja ongelmat ovat usein pelottavia ja vieraita asukkaille, jotka eivät yleensä ole rakennusalan ammattilaisia. Taloyhtiöllä on siksi suuri kynnys ryhtyä korjausrakentamishankkeeseen. Tämä on johtanut siihen, että asunto-osakeyhtiötalojen kunto on selvästi huonompi kuin järjestelmällisen kunnossapidon kohteina olevien yksityisten tahojen omistamat vuokratalot. (Soikkeli ym. 2015, s. 15)

Yksityiset taloyhtiöt ovat suuressa roolissa täydennysrakentamisen laajamittaisessa toteutumisessa. Kaupunkien haasteena aluesuunnittelun rinnalla on tarvittavien neuvonta- ja tukipalveluiden kehittäminen taloyhtiöille. Taloyhtiön osakkaille kohdistuva taloudellinen hyöty on merkittävässä roolissa täydennysrakentamisen myönteisyydessä. Asukkaat kokevat täydennysrakentamisen häiritseväenä tekijänä asumisviihtyvyyteen ja ainakin hetkellisesti häiritseväenä tekijänä, jolloin taloudellinen kompensatio on merkittävässä roolissa. (Santaoja ym. 2008, s. 14)

Kaupunkikeskustan asunto-osakeyhtiöihin verrattuna esikaupunkialueiden asunto-osakeyhtiöillä ei välttämättä ole samanlaisia vuokratuottoja, eivätkä ne yleensä ole keränneet varoja korjausrakentamista varten. Taloyhtiöiden miettiessä hyvinkin kalliita peruskorjausremontteja, taloudellinen kannustin täydennysrakentamiselle on erityisen toimiva keino kiinnostuksen heräämiseen, sillä täydennysrakentaminen vähentää peruskorjaushankkeen kustannuksia ja voi jopa kääntää hankkeen taloudellisesti voitokkaaksi (Santaoja ym. 2008, s. 14). Maksuvalmius lainakuluihin ei

esikaupunkialueilla ole oletusarvoista, jolloin heidän kannaltaan olisi erityisen tärkeää, että asunto-osakeyhtiö saisi korjausrakentamiseen rahoitusta. (Hartiala ym. 2012, s. 24)

Lisärakentaminen osana korjausrakentamishanketta -tutkimuksessa selvitettiin asunto-osakeyhtiöiden lisätulojen mahdollisuuksia lisärakentamishankkeissa. Tutkimuksessa muistutetaan, että lisäkerroksissa on suuri kustannus- ja myyntiriski sekä lisäkerrosrakentamista on ollut vähäistä, jolloin empiiristä kustannustietoa on vähän käytössä. Lisäkerrosrakentamisessa on otettava huomioon myös uusien asuntojen myyntihinta ja siihen vaikuttava alueen muu hintataso sekä se, pitävätkö mahdolliset asukkaat lisäkerroksien asuntoja yhtä arvokkaina tai arvokkaampina alueen muuhun hintatasoon nähden. (Lukkarinen ym. 2011, s. 42)

Lisärakentamisella voidaan saada kohtuullisia tuottoja taloyhtiölle Helsingin esikaupunkialueilla, mikäli pysäköinti pystytään järjestämään järkevästi tarpeeksi suurilla lisäkerrosaloilla. Huomattavan paljon lisärakentamiseen vaikuttaa asuntojen myyntihinnat ja myyntihintojen ollessa alhaiset lisärakentaminen ei kannata. Helsingin esikaupunkialueilla lisäkerrosrakentamisella on realistista tavoitella noin puolta putkiremontin kustannuksista, mikä vastaa käytännössä noin 50 % kerrosalan lisäystä. Useimmilla esikaupunkialueilla lisäkerrosalan sijoittaminen ja pysäköinnin järjestely voi onnistua suhteellisen yksinkertaisesti. Putkiremontin kustannuksien kattaminen kokonaisuudessaan vaatisi kerrosalan kasvattamista yli kaksinkertaiseksi, joka lisäkerrosten osalta on mahdotonta toteuttaa. (Lukkarinen ym. 2011, s. 43)

1960-1980-lukujen esikaupunkialueiden kerrostalojen kantavat runkorakenteet kestävät hyvin uusien lisäkerrosten rakentamisen kevytrakenteisilla materiaaleilla ja asukkaille aiheutuvan häiriön minimoimiseksi tilaelementtien käyttö olisi järkevää. 1960-1980-luvun esikaupunkialueiden kerrostalot soveltuvat hyvin lisäkerrosrakentamiselle, sillä niissä ei yleensä ole ullakkokerroksia sekä tasakatto on erittäin yleinen kattorakenne. Tasakattorakenteen helpottavat lisäkerrosten rakentamista niin teknisen toteutuksen kuin rakennuksen ulkonäön kannalta. (Soikkeli ym. 2015, s. 16)

## **2.1 Elementtirakentaminen**

Elementtirakentamiseen haettiin paljon oppia ulkomailta 1950-luvun alkupuoliskolta lähtien ja yhä lisääntyvissä määrin 1960-luvun vaihteessa. Suosittuja kohdemaita olivat



Pohjoismaat, Ranska, Saksa, Englanti ja Yhdysvallat. Elementtitehtailijat, urakoitsijat ja suunnittelijat tekivät yhdessä opintomatkoja tarkoituksena yhdessä hakea Suomeen soveltuvia ratkaisuja. (Hytönen ja Seppänen 2009, s. 38)

Suuren asuntopulan ratkaisijana elementtirakentaminen löi itsensä perusteellisesti läpi 1960-luvulla. Rakentamisessa käytetty elementtiaste vaihteli vielä 1960-luvulla ennen elementtirakentamisen tapojen vakiintumista 1960-luvun loppua kohti ja 1970-luvun alussa linja alkoi vakiintua. Elementtirakentamisen ominaispiirteet tiivistä ruotsalainen Ivar Duvhök elementtivalmistajan näkökulmasta 6 pääkohtaan. (Mäkiö ym. 1994, s. 28)

1. Asemakaavat on suunniteltava väljästi ja ohjeellisesti siten, että talojen paikat ja muodot ovat muokattavissa torninosturiradoille sopiviksi (Mäkiö ym. 1994, s. 28).
2. Pohjakuvien suunnittelussa tulisi käyttää moduuliverkkoa ja suunnitella toistuvia pohjaratkaisutyppejä. Suunnittelu toteutettaisiin elementtirakentamisen ehdoilla. (Mäkiö ym. 1994, s. 28)
3. Sopiva mitta taloille olisi neljä porrasyksikköä sillä rakennus on saatava mahdollisimman nopeasti staattisesti jäykäksi (Mäkiö ym. 1994, s. 28).
4. Saumojen betonoinnin on ehdittävä kovettua riittävästi ennen seuraavan kerroksen elementtien asennusta ennen kuin asennuksen taipumat alkavat vaikuttaa. Vähintään neljän porrasyksikön kerrostaloissa saavutettaisiin sopiva työrytmi. (Mäkiö ym. 1994, s. 28)
5. Rakentamisen aikataulu on suunniteltava niin, että työmaalla ei tarvita väliavarastointia (Mäkiö ym. 1994, s. 28).
6. Teiden ja katujen suunnittelussa on otettava huomioon soveltuvuus torninosturiradoille. Työmaan tärkein osuus on torninosturi, joka määrää tahdin, kun aikaisemmin torninosturi on toiminut vain työryhmien apuvälineenä. (Mäkiö ym. 1994, s. 28)

Elementtirakentamisen avulla työmaalla tehtävä työ väheni, joka vaikutti rakentamisen kokonaiskustannusten alenemiseen. Arvioiden mukaan elementtirakentamiseen siirtymisen jälkeen työmaalla tehtävän työn määrä väheni kolmannekseen aikaisempaan verrattuna. Elementtirakentaminen vähensi rakennustyömaalla toimivien henkilöiden työn määrää, mutta toisaalta työt siirtyivät tehtaisiin. Elementtirakentamisen yksi merkittävimmistä vaikutuksista oli myös ympärivuotisen rakentamisen

mahdollistaminen, mikä vähensi talvityöttömyyttä rakennusallalla. (Mäkiö ym. 1994, s. 31)

Elementtirakentamisen kehitys oli nopeaa ja prosessinomainen teollinen tuotanto nähtiin ainoana suurrakentamisen toteuttamismahdollisuutena. Rakentamisen arkkitehtuuri, asuttavuus ja ylläpidettävyys kärsivät tuotantokeskeisen elementtirakentamisen alkuaikoina 1960- ja 1970-luvulla. Elementtirakentamisen systemaattisen kehityksen pääpainona pidetään rahaa, jolloin taloudelliseen hyötyyn keskittynyt rakennusteollisuus piti laadun kehitystä ainoastaan sivutuotteena. Suuren asuntotarpeen aikana ajateltiin, ettei rakenteilla ole niinkään väliä, jolloin talon käyttöä tai luovutuksen jälkeistä aikaa ei otettu huomioon. (Mäkiö ym. 1994, s. 28)

### **2.1.1 BES-tutkimus**

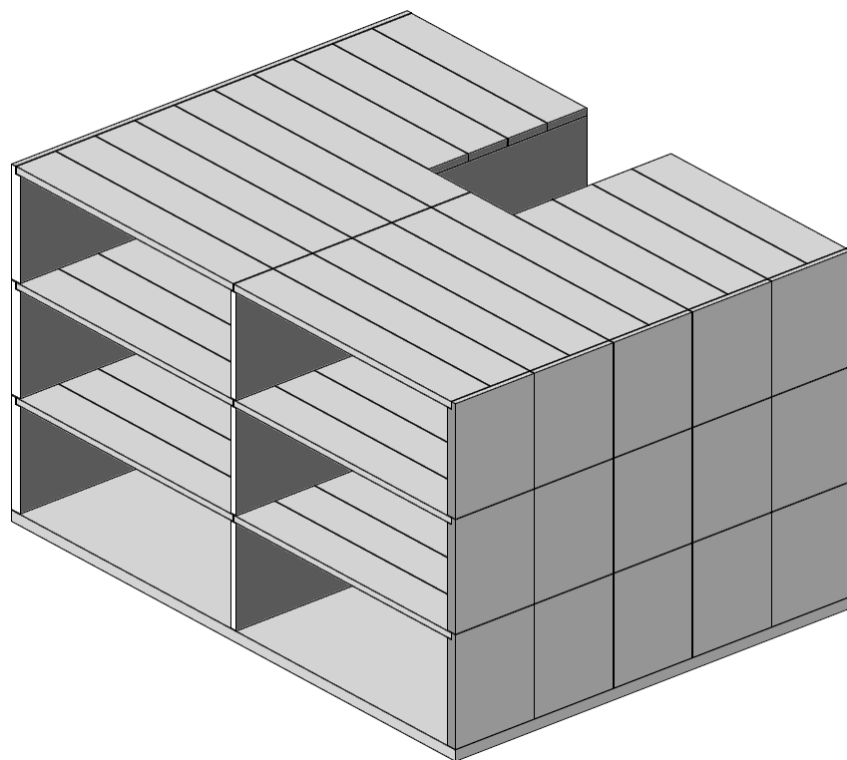
Suomalaiseen betonielementtijärjestelmään tähtäävä BES-tutkimus aloitettiin vuonna 1968 asuntohallituksen myönnettyä silloisiin oloihin nähden huomattavan tutkimusmäärärahan. BES-tutkimuksen lähtökohtana oli huonosti organisoidun ja suunnitellun elementtiteollisuuden pelastaminen, elementtimuotoisen asuntotuotannon kehittäminen. Tutkimuksella pyrittiin yleistämään BES-järjestelmä kaikkien käytettävissä olevaksi avoimeksi kotimaiseksi elementtirakentamisen järjestelmäksi. BES-tutkimuksen tarkoituksena oli luoda tuotantojärjestelmä, jolla oli mahdollista toteuttaa erilaisia rakenneratkaisuja. (Mäkiö ym. 1994, s. 39)

Ennen BES-tutkimusta maailmalla oli jo kehitetty avoimia elementtijärjestelmiä sekä Suomessa ainoastaan puurakenteisia pientaloja varten. Euroopassa käytössä olleet elementtijärjestelmät olivat suljettuja järjestelmiä eivätkä avoimet järjestelmät olleet kovinkaan suuressa käytössä. Suomessa avoimen elementtijärjestelmän kehittämisen liikkeellelähtö tapahtui markkinoiden kannalta hyvään aikaan, sillä Suomessa ei ollut kehittynyt elementtijärjestelmiä, joiden markkina-asemaa olisi puolustettu. (Hytönen ja Seppänen 2009, s. 96)

BES-hankkeen tutkijat toteuttivat erittäin laajan vertailututkimuksen ulkomailla käytetyistä elementtijärjestelmistä. Erilaisia elementtijärjestelmiä oli maailmalla käytössä useita tuhansia, joista tutkijat kävivät läpi yli kuusisataa. BES-toimikunta päätyi lopulta vaikean päätöksenteon päätteeksi kantavat seinät – malliin. Valintaan vaikuttavia perusteluja olivat järjestelmän nopea käyttöönotettavuus ja se sopeutuisi hyvin Suomessa

käytössä olleeseen tuotantotekniikkaan. Ryhmät, joiden työhön BES-järjestelmällä oli suurin vaikutus, olivat arkkitehdit ja teollisuus. (Hytönen ja Seppänen 2009, s. 96)

Järjestelmässä oli nimensä mukaisesti kantavat seinärakenteet, jotka olivat betonielementtiseiniä rakennuksen poikittaissuunnassa. Kantavat väliseinät erottivat rakennuksen huoneistot toisistaan sekä maailmalla hyviä kokemuksia saaneet esijännitetyt ontelolaatat toimivat järjestelmän ytimenä. Esijännitetyjä ontelolaattoja hyödyntämällä voitiin asuinrakentamisessa saavuttaa jopa kahdentoista metrin jännemitat. BES-järjestelmän mukaisen kirjahyllyrungon rakenteen peruseriaate on esitetty kuvassa 1. (Hytönen ja Seppänen 2009, s. 98)



Kuva 1. BES-järjestelmän mukaisen täselementtirungon peruseriaate.

BES-tutkimuksen valmistuttua vuonna 1970 oli se kahdella tavoin avoin järjestelmä, BES oli kaikkien käytettävissä sekä asuntopohjat olivat vapaasti muunneltavissa. Tutkimus herätti kansainvälistä huomiota tutkimusvaiheessa perusteellisuudellaan ja siinä, että se keskittyi laajasti käyttöönotettavan avoimen järjestelmän kehittämiseen. BES-järjestelmän myötä Suomesta tuli edelläkävijä avoimen elementtijärjestelmän käytössä, eli rakentamisessa voitiin käyttää eri elementtitoimittajien tuotteita samassa

rakentamiskohteessa elementtien standardoinnin ansiosta. (Hytönen ja Seppänen 2009, s. 98)

BES-talon rakentamisessa edistyskellisin ominaisuus oli rungon pystytysajan nopeus sekä se mahdollisti useiden eri valmistajien elementtien käytön samassa kohteessa. BES-järjestelmä ei sinänsä tuonut rakennusosilta muuta uutta kerrostalorakentamiseen kuin esijännitetyt ontelolaatat. Tutkimuksen jälkeen tuottajat uskalsivat lähteä valmistamaan ontelolaattoja, tietäen niiden menevän kaupaksi. BES-taloissa ainoastaan huoneistojen väliset seinät olivat kantavia, mikä oli suurin ero suurmuottirunkoon. (Mäkiö ym. 1994, s. 42)

Suomen betonielementtisysteemi (BES) julkaistiin Suomen betoniteollisuuden keskusjärjestö ry:n toimesta vuonna 1972. BES sisälsi aluksi suosituksia sellaisten asuinkerrostalojen rakentamiseen, joissa välipohjana käytettiin pitkälaittoja. Suositukset esiteltiin mm. Betonituotteissa ja Betoniteollisuuden käsikirjassa sekä BES-kansiossa. (Hytönen ja Seppänen 2009, s. 118)

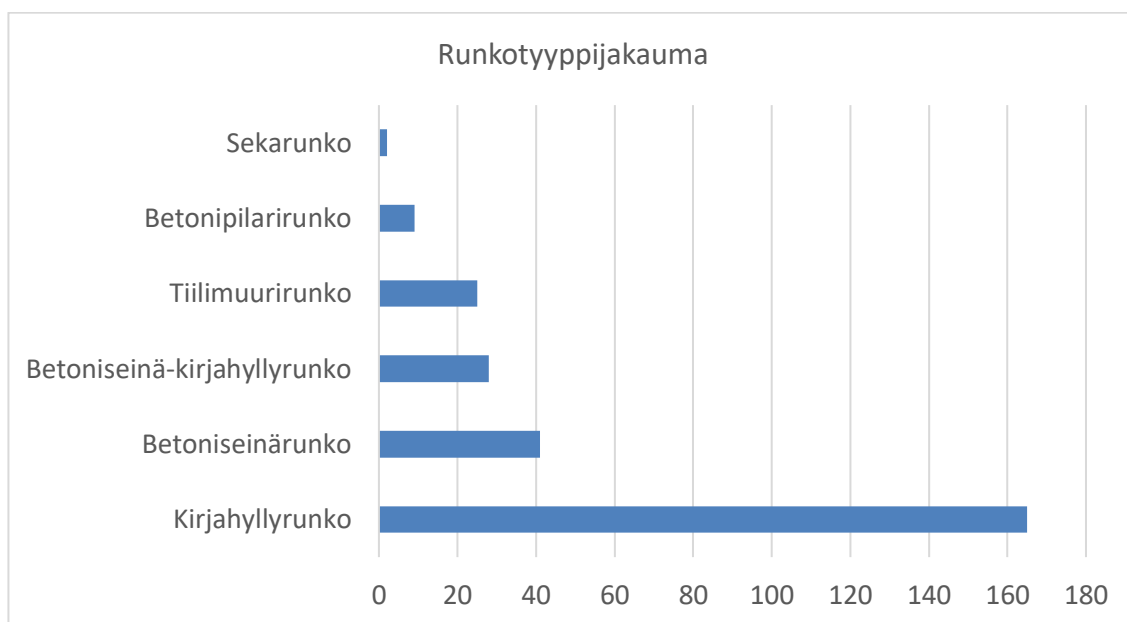
### **2.1.2 Runkotyypit**

1960-luvun alussa perinteinen paikalla rakentaminen oli vielä hyvin yleistä ja viimeisiä suuria tiimuurirunkotekniikalla rakennettuja kerrostalokohteita edustaa Strömsin alueen kerrostalokohteet Helsingin Roihuvuoressa 1963-1965. Kantavissa rakenteissa tiili poistui hiljalleen pois käytöstä betonin tieltä. 1960-luvun alussa erilaisten runkotyyppien määrä oli vielä suuri, josta siirryttiin hiljalleen vallitsevaan kirjahylly runkotyyppiin (Mäkiö ym. 1994, s. 14). Kirjahyllyrunko muodostui yleisimmäksi runkotyypiksi, jonka kantavina pystyrakenteina toimivat betoniseinät. Lamellitalot ovat erittäin hyvä esimerkki kirjahyllyrungosta, jossa kantavina rakenteina toimivat rakennuksen poikittaiset väliseinät sekä umpinaiset päätyseinät. (Neuvonen ym. 2006, s. 148)

Helsingin alueella vuosina 1960-1975 käyttöönotetuista asuinkerrostaloista tehdyn 270 asuinkerrostalon otannan perusteella kirjahyllyrunko käsittää kappalemäärällisesti noin 60 % kaikista asuinkerrostaloista. Kuvassa 2 esitellään otannan runkotyyppijakauma lukumäärän perusteella. Betoniseinärunko mukailee myös kirjahyllyrungon perusominaisuuksia, mutta sen kaikki julkisivuseinät ovat kantavia sekä betoniseinä-kirjahyllyrungon pituussuuntaisista julkisivuseinistä toinen on kantava seinärakenne. Ottamalla huomioon myös talojen koko, kirjahyllyrungon osuus on noin 70 %

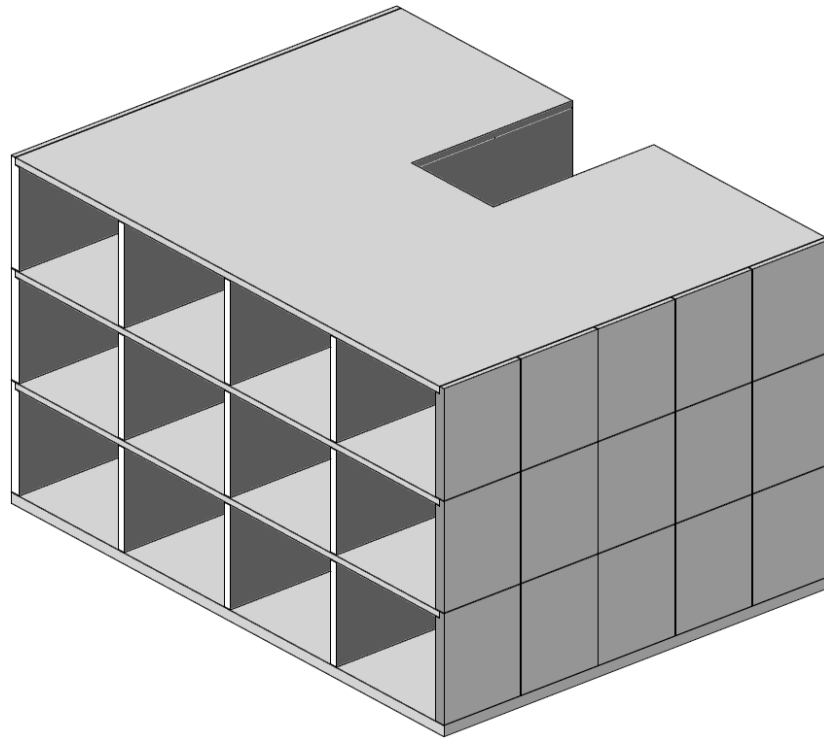
asuinkerrostaloista. Muiden runkotyyppien osuus painottuu 1960-luvulle ja 1970-luvun vaihteen jälkeen kirjahyllyrungon lisäksi valmistui vain murto-osa muun runkotyyppin asuinkerrostaloja. (Mäkiö ym. 1994, s. 53)

Kirjahyllyrungon toteutustapa vaihteli paikallarakentamisen ja elementtien käytön osalta, joten eroavaisuudet ovat huomattavissa erilaisissa välipohja- ja ulkoseinärakenteissa. Elementtirakentamisen osuuteen vaikutti vielä pitkät etäisyydet elementtitehtaista useilla paikkakunnilla, jolloin vielä suosittiin paikalla rakentamista. Asuntotuotannon huippuvuosien yleisin runkotyyppi 1960-luvun lopulla ja 1970-luvun alussa oli erilaiset paikallarakentamista ja elementtirakentamista yhdistelevät osaelementtirakenteiset kirjahyllyrungot. Osaelementtirunkoisen talon runkotyyppin peruseriaate on esitetty kuvassa 3 ja täyselementti runko kuvassa 4. (Neuvonen ym. 2006, s. 148)

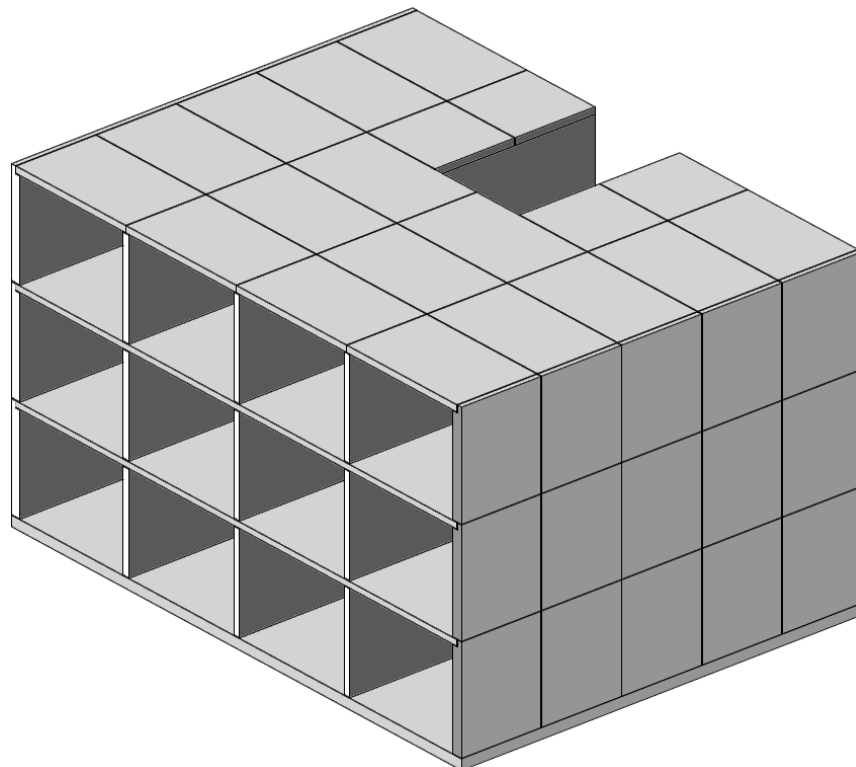


Kuva 2. Asuinkerrostalojen runkotyyppien jakauma 270 kerrostalon otannasta vuosina 1960-1975 (mukaillen Mäkiö ym. 1994, s. 53).

Kirjahyllyrunko toteutettiin pääosin paikalla rakentaen vielä 1960-luvun puoleen väliin saakka. Kirjahyllyruongossa kantavat betonista valetut väliseinärakenteet ovat yleensä hyvin tiheässä välipohjien paikkavalun vuoksi. Esivalmistettuja elementtiratkaisuja olivat yleisesti portaot, parvekkeet, ilmanvaihtokanavat ja kevyet väliseinät. (Neuvonen ym. 2006, s. 148)



Kuva 3. Osaelementtitalon rakennerungon perusperiaate 1960-luvun alussa.



Kuva 4. Täyslementti rakennusrungon perusperiaate 1970-luvulla.

BES -kirjahyllyrunгон rinnalle kehitettiin 1970-luvulla betonipilarirunkoista PLS 80 -elementtijärjestelmää. Järjestelmän koetalo valmistui vuonna 1975 Mikkeliin, mutta järjestelmä ei saanut laajempaa suosiota. Pilarilaattamalli hävisi kantavat seinät -mallille välipohjaelementtien liian suuren koon vuoksi. (Mäkiö ym. 1994, s. 42; Neuvonen ym. 2006, s. 150)

Pilarilaattamallin mukaisen runkotyyppin kantavina rakenteina toimivat teräsbetoniset elementtipilarit ja ripalaattaelementit, joiden omapaino oli noin puolet perinteisen massiivilaatan painosta. Järjestelmä koostui yhdestä pilarityypistä ja kahdesta laattatyyppistä, joilla tavoiteltiin kustannusten pienenemistä vähentämällä massamenekkiä ja lisäämällä tehdastyön osuutta. Rakennus jäykistettiin porrashuoneen ja huoneistojen välisillä teräsbetoniseinillä. PLS-järjestelmän käyttöä jatkoi Lujabetoni Oy Kuopiossa, mutta rakennejärjestelmä ei koskaan tullut yleiseen käyttöön asuinkerrostalojen rakentamisessa. (Mäkiö ym. 1994, s. 43)

### **2.1.3 Tyypilliset kerrostalorakennukset**

Vuosien 1968-1985 aikana rakennettujen kerrostalojen osuus vuoden 2015 kerrostaloasuntokannasta on 37 % sekä kerrostaloasuntokannasta 26 % on peräisin 1970-luvulta. Rakennusten runkotyyppinä esiintyy yleisimpänä betonirakenteinen kirjahyllyrunko. 1970-luvun rakennuskanta itsessään aiheuttaa noin 70 000 asunnon perusparannustarpeen. (Kaasalainen 2015, s. 2)

Lamelli- ja pistetalojen tilaratkaisut vakioitiin paremmin sarjatuotantoon sopiviksi. Lamellitaloista yleisin talotyyppi on hissitön 4-kerroksinen lamellitalo, jonka kellarikerros rakennettiin maanvaraisena. 5-8-kerroksinen kerrostalotyyppi oli hyvin yleinen sekä ylikorkeat yli kymmenkerroksiset talokolossit. 1970-luvun puolella yleistyi myös luhtikäytävätalot, jotka sisälsivät usein pientasuntoja. (Neuvonen ym. 2006, s. 143)

## **2.2 Kerrostalot 1960- ja 1970 -luvulla**

Suomessa pitkäkestoisen teollistumisen aikakauden päättymistä seurannut kaupunkilaistuminen 1950- ja 1960-luvulla keskitti muuttovirran teollisuus- ja palvelutyöpaikkojen perässä kaupunkikeskuksiin. Suuri, noin 850 000 ihmisen muuttovirta loi Suomeen uudenlaiset lähiöt. Tätä seurannutta aikakautta 1960 -luvulta eteenpäin kuvataan rakentamisen liiketoiminnan aikakaudeksi, jolloin

asuntotuotantoluvut sekä aluerakentaminen kasvoivat aikaisempaa suuremmiksi. 1960-luvulle siirryttäessä myös rakentamistavat muuttuvat, mutta tiettyjä piirteitä säilytettiin, kuten: rationalisointi, standardointi, elementit, konetyö ja talvirakentaminen. Esivalmistettujen elementtien käytön lisääntymisen kiihdytti rakentamista entisestään. (Mäkiö ym. 1994, s. 12)

Kaupunkien nopeasta kehittämisestä 1960- ja 1970-luvulla kertoo väestön muuttovirran tilastoidut asukasmäärät. Vuonna 1960 kaupungeissa ja kauppaloissa asui noin 38 % väestöstä, mutta vuonna 1970 kaupungeissa asuvan väestön määrä oli ensimmäistä kertaa yli 50 %. Vielä vuonna 1960 tyypillinen suomalaisperhe asui maalla puurakenteisessa omakotitalossa, kun 1970-luvun lopulla tyypillisin asumismuoto oli kerrostalo kaupungissa. Vuosien 1957-1978 aikana rakennettiin Suomeen yli miljoona uutta asuntoa, mikä oli yhteenlaskettuna noin kaksi kolmasosaa koko maan asuntokannasta 1970-luvun lopulla. (Mäkiö ym. 1994, s. 15)

Suuren asuntotarpeen aika keskittyy 1960-1970-luvulle. 1960-luvun puolessavälissä tehtyjen arvioiden mukaan Suomessa tarvittiin puoli miljoonaa uutta asuntoa. Vuoden 1966 asuntotuotantolaki asetti varsin korkean tavoitteen rakentaa vuosien 1966-1975 välisenä aikana puoli miljoonaa asuntoa, joiden asuinneliöiden keskiarvoksi tavoiteltiin 70 m<sup>2</sup>. (Mäkiö ym. 1994, s. 15)

Kerrostalarakentamisen painopiste keskittyi 1960- ja 1970-luvulla määrällisten tavoitteiden saavuttamiseen. Rakentamisessa pyrittiin mahdollisimman pitkälle vietyyn teolliseen sarjatuotantoon. Huoneistojen lukumäärää ja keskenään erilaisia esivalmisteosia tuli rajoittaa, jotta saavutettaisiin sarjatuotannon tuomat säästöt ja edut. Rakentamisen avainsanoja olivat tehokkuus, teollinen sarjatuotanto, esivalmisteiset rakennusosat, moduulimitoitus ja standardointi. 1960-luvun edetessä käsityönä toteutetut yksityiskohdat ja kohdekohtainen suunnittelu saivat väistyä. (Neuvonen ym. 2006, s. 142)

Aikakauden yleisimpiä teknisiä virheitä kerrostalarakentamisessa olivat ulkoseinän heikko betonilaatu, mustan teräksen käyttö vaurioalttiissa rakenteissa ja raudotteiden riittämättömät suojabetonipaksuudet. Yleisesti käytössä olleiden sandwich-elementtien ongelmia ovat heikko lämmöneristys, kun eristepaksuus on yleensä vain 80-120 mm sekä elementtien kosteusvauriot (Tolppanen ym. 2013, s. 98). Yhdeksi aikakauden tyyppivirheeksi nimetään myös ilmanvaihdossa käytetty yhteiskanavajärjestelmä yleisratkaisuna sen toimimattomuuden vuoksi. (Mäkiö ym. 1994, s. 48)



Esikaupunkialueiden asuinkerrostalojen tyypillisiä laadullisia ongelmia riittää ja ne ovat rakennuskohtaisia tai alueellisia. 1960- ja 1970-luvun kerrostalojen lämmitysenergiankulutus on jopa 3-4 kertaa suurempi kuin uudiskohteiden. Tähän vaikuttavat heikko eristäminen ja tehottomat ilmanvaihtojärjestelmät sekä rakenteiden huono ilmantiiviys ulkoseinärakenteissa, ikkunoissa ja ovissa, jotka tekevät rakennuksesta vetoisia ja aiheuttavat lämpövuotoja. Hissin puuttuminen heikentää esikaupunkialueiden kerrostalojen esteettömyyttä ja asumismukavuutta. Aluesuunnittelu ja arkkitehtuurin yksitoikkoisuus vaikuttavat alueiden visuaaliseen ilmeeseen sekä alueiden huono imago alueelliseen arvon laskuun. (Tolppanen ym. 2013, s. 98)

### **2.2.1 Julkisivut**

1960-luvun alussa puhtaaksimuurattu tiili, rappaus ja julkisivulevyt hallitsivat kerrostalojen julkisivuja, mutta kerrostalotuotanto oli siirtymässä yhä vahvemmin betonielementtitekniikkaan. Arkkitehdit suosivat virtaviivaista julkisivun ilmettä suunnitteleamalla nauhaikkunoita ja sisäänvedettyjä parvekkeita. Rakennuksien pitkillä sivuilla julkisivuelementit ripustettiin kantavien väliseinien päihin ja leveydeltään elementit olivat yhden huoneen levyisiä. Elementtien käyttö rakennuksien päätyseinissä ei 1960-luvun alussa ollut vielä kovin yleistä puutteellisen nosturikapasiteetin vuoksi. Vuosikymmenen loppupuolella yleistyvät ruutuelementtijulkisivut sekä kasvaneen nosturikapasiteetin seurauksena sandwich- elementtien käyttö kerrostalojen päätyseinissä yleistyi. 1970-luvun BES-talojen julkisivuissa jatkettiin edulliseksi todettua ruutuelementtilinjaa. Aiemmasta poiketen 1970-luvun pitkien sivujen julkisivuelementit olivat usein itsensä kantavia eli ne seisoivat toistensa päällä omilla perustuksillaan. (Neuvonen ym. 2006, s. 158)

1960- ja 1970-luvuilla kantamattomat ulkoseinät rakennettiin tavallisesti sandwich elementeistä, jotka voivat olla nauha- tai ruutuelementtejä. Pitkien sivujen ulkoseinät ovat yleensä kantamattomia seinäelementtejä. Elementit kiinnitettiin yleensä joko kantaviin seiniin tai paikallavalettuun välipohjaan. BES-järjestelmässä talon kantamattomat ulkoseinäelementit tukeutuvat perustuksiin. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 4)

### **2.2.2 Porrashuone ja hissi**

Porrashuoneet, portaikko sekä kerros- ja lepotasot olivat elementtirakenteisia, vaikka välipohjat olisivat olleetkin paikalla valettuja. Yleisin porrastyyppi oli suora

kaksivartinen porras, mutta yksivartisia portaita ja kierreportaita rakennettiin 1960- ja 1970-luvulla. Noin neljäsosassa taloista käytettiin kierreporrasta vuoteen 1975 asti (Mäkiö ym. 1994, s. 88). Porrashuoneita koskevat määräykset eivät edellyttäneet porrashuoneisiin luonnonvaloa, joten rungon keskelle sijoitettiin usein pimeitä porrashuoneita. (Neuvonen ym. 2006, s. 176)

Useimmat alle viisi kerroksiset asuinkerrostalot jäivät ilman hissiä vielä 1980-luvun alulle asti. Vuoteen 1982 asti asuntohallituksen lainoitusehdoissa nimenomaa kiellettiin invalidi- ja vanhustaloja lukuun ottamatta hissien rakentaminen alle viisikerroksisiin taloihin. Yleensä ainoastaan 5-kerroksisiin tai sitä korkeampiin taloihin rakennettiin hissit. (Neuvonen ym. 2006, s. 178)

Suomen vanhan rakennuskannan suurena ongelmana on matalien asuinkerrostalojen hissittömyys. Vuosien 1960-1970 aikana asuinkerrostaloista noin puolet ja vuoden 1970 jälkeen valmistuneista asuinkerrostaloista noin kolmannes ovat hissittömiä. Taulukossa 1 on koottuna tilastoitua tietoa asuinkerrostalojen hissittömyydestä. (Pekka ym. 2008, s. 50)

Taulukko 1. Asuinkerrostalojen hissittömyys vähintään 3-kerroksisissa asuinkerrostaloissa (mukaillen Pekka ym. 2008, s. 53).

Kunta	1960-1970			1970 jälkeen		
	Talot yht.	Ei hissiä yht.	%	Talot yht.	Ei hissiä yht.	%
Helsinki	2346	1174	50,0	2666	936	35,1
Espoo	821	416	50,7	1016	338	33,3
Vantaa	816	316	38,7	838	298	35,6

### 2.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmät

Rakennuskannassa 1960- ja 1970-luvulla painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä oli väistymässä ja koneellisen poiston osuus rakennetuissa ilmanvaihtojärjestelmissä kasvoi. Koneellisen poiston ilmanvaihtojärjestelmiä rakennettiin yhteis- ja erilliskanavajärjestelmänä, joista ylivoimaisesti yleisin oli yhteiskanavajärjestelmä. 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmä on hyvin yksinkertainen, eikä järjestelmissä esiinny yleensä korjaustarpeita kulumisen tai vaurioitumisen johdosta, poistopuhaltimien kuluvien osien uusimista lukuun ottamatta (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 17). Kanavistot tehtiin yleensä rakennusaineisina, mikä on syynä siihen, että laitteistot toimivat yleensä huonosti. Toteutettujen rakennusaineisten kanavien tiiviys oli yleensä heikompi kuin ilmanvaihtolaitosten edellyttämä tiiviys. (Mäkiö ym. 1994, s. 220)

Painovoimainen ilmanvaihdon toiminta perustuu kylmän ja lämpimän ilman ominaispainojen erotuksen aiheuttaman nostovoiman sekä tuulen aiheuttaman paine-eron vaikutuksesta. 1960-luvulla poistokanavat sijoitettiin vain rakennuksen kosteisiin tiloihin ja muista tiloista ilma poistettiin siirtoilmana kosteiden tilojen kautta. Tuloilman sisäänotto tapahtui rakennuksen ulkovaippaan sijoitetuista aukoista, joita olivat erilaiset venttiilit ja ikkunat. (Mäkiö ym. 1994, s. 221)

Painovoimaista järjestelmää käytettiin kauan kolmikerroksisissa rakennuksissa ja sitä korkeampiin rakennuksiin asennettiin koneellinen poisto, joka vei vähemmän tilaa ja oli siten edullisempi järjestelmä. Painovoimaisen järjestelmän ongelmana oli vähäinen ilmanvaihto lämpimänä vuodenaikoina ja liiallinen ilmanvaihto kylminä vuodenaikoina. Lisäksi tuuliolosuhteet vaikuttivat huomattavasti ilmanvaihdon toimivuuteen. (Mäkiö ym. 1994, s. 221)

Koneellisen poiston yhteiskanavajärjestelmässä eri kerrosten huoneet yhdistettiin venttiilien avulla suoraan yhteisiin nousukanaviin. Erilliskanavajärjestelmässä poistoilma johdettiin jokaisesta poistovenktiilistä erillisissä nousuhormeissa katolle, jossa kanavat yhdistettiin vaakasuorilla kokoojakanavilla ryhmittäin ja johdettiin huippumuriin. Tuloilma huoneisiin oli järjestetty lähes yhtä huonosti kuin painovoimaisessa järjestelmässä ikkunaraoista, porraskäytävästä ja erilaisten aukkojen kautta. (Mäkiö ym. 1994, s. 222)

Koneellisen poistoilmajärjestelmän etuina olivat sääolosuhteista riippumaton toiminta ja lattiapinta-alan vähäinen tarve, mikä lisäsi myytävien asuineliöiden määrää. Yhteiskanavajärjestelmän suurimmat ongelmat olivat äänen johtuminen kanavissa sekä päällekkäin olevien huoneistojen ilmat pääsivät sekoittumaan, jos järjestelmää käytettiin väärin tai se oli säädetty väärin (Mäkiö ym. 1994, s. 222). Yhteiskanavajärjestelmä myös heikensi huomattavasti rakennuksen paloturvallisuutta sekä tuloilman otto oli hallitsematonta, sillä ulkoilmaventtiilien rakentamisesta asuntotiloihin luovuttiin. (Neuvonen ym. 2006, s. 117)

Ilmanvaihtokanavien rakennusmateriaalit olivat metalli, eterniitti, kipsi, betoni tai tiili. Rakennusaineiset kanavat valmistettiin yleisesti rakennuspaikalla. Betonikanavat tehtiin kerroksen korkuisista betonielementeistä tai paikalla valaen. Betonirakenteiset kanavat veivät huomattavasti vähemmän tilaa kuin tiilimuuratut kanavat. Tiilimuuratuja kanavia käytettiin lähinnä vain painovoimaisessa ilmanvaihdossa, sillä niiden tiiviys ei ollut

riittävä koneelliseen ilmanvaihtoon. Betonirakenteisten kanavien suuri ongelma oli myös riittämätön tiiviys sekä tukkeumat kanavien sisällä. (Mäkiö ym. 1994, s. 223)

## **2.2.4 Paloturvallisuus**

Vuonna 1936 annettu paloluokituspäätös oli voimassa 1960-luvun alkuun asti. Paloluokituspäätöksen tarkoituksena oli yhdenmukaistaa määräyksissä käytettävien rakennusten ja rakennusosien luokkajako sekä terminologia määrittämällä samalla eri käyttöluokat ja rakenteet. Perusteena ja tavoitteena oli ihmisten turvallisuus palon sattuessa. (Mäkiö ym. 1994, s. 251)

Paloturvallisuuden paranemiseen johti 1960-luvun alussa valtakunnalliset uudet rakenteellisen palontorjunnan määräykset. Vuonna 1962 astui voimaan päätös rakennusten palonkestävyydestä, jonka mukana esiteltiin uudet käsitteet palokuorma sekä palonkesto aika. Tämä mahdollisti palorasituksen entistä tarkemman huomioonottamisen kantavien ja osastoivien rakenteiden suunnittelussa. Vuoden 1976 ja sen jälkeen uusitut palomääräykset ovat olleet entisten määräysten tarkennettuja versioita. Suurimpia muutoksia ovat olleet porrastukset kantavien rakennusosien palonkestoajoissa sekä rakennusten käyttötaparyhmitystä on otettu paremmin käyttöön. (Mäkiö ym. 1994, s. 251)

Vuoden 1962 palonkestävyyspäätöksessä tulipalon aiheuttama rasitus määritettiin palokuorman perusteella. *”Palokuormalla tarkoitettiin rakennuksessa, sen osassa tai siihen kuuluvassa tilassa olevan palavan aineen määrää kiloina lattian neliömetriä kohti.”* Palokuormaryhmiä oli kolme: enintään 50 kg/m<sup>2</sup>, 50-100 kg/m<sup>2</sup> ja yli 100 kg/m<sup>2</sup>. (Mäkiö ym. 1994, s. 252)

## **2.3 Kantavat rakenteet**

### **2.3.1 Perustukset**

Rakennuksen sijainnista ja maakerroksen kantavuudesta riippuen asuinkerrostalot on perustettu maanvaraisilla anturoilla tai paaluilla. Rakennuksen kuormat siirretään kantavien seinien suuntaisissa riveissä paaluryhmille paaluanturoiden välityksellä. Anturaperustus on toteutettu tavallisesti kantavien seinien suuntaisina seinäanturoina. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 4)

Asuinkerrostalojen paaluperustuksista yleisin toteutustapa on tiivisrakenteiseen maakerrokseen lyötävät teräsbetoniset tukipaalut, jotka siirtävät kuormitukset pääosin kärkeensä välityksellä. Ensimmäiset paaluperustuksia koskevat ohjeet julkaistiin Rakennusinsinööriyhdistyksen Pohjarakennusnormeissa vuonna 1964. Paaluperustuksia koskevia viranomaismääräyksiä ei juurikaan ollut, mutta ohjeistuksia ovat julkaisseet Suomen Geoteknillinen Yhdistys ry sekä Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ja sen edeltäjä Rakennusinsinööriyhdistys. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 6)

### **2.3.2 Kantavat seinät**

1960-luvulla yleistyneen kirjahyllyrunгон myötä rakennuksen väliseinät toimivat rakenteessa kantavina pystyrakenteina. 1960-luvulla kantavat väliseinäelementit tehtiin vielä usein työmaalla sarjavaluina patterimuoteilla. Paikallavalettujen ja elementtiseinien paksuus oli 150 tai 160 mm. BES-taloissa siirryttiin käyttämään 180 mm rakennevahvuisia väliseiniä välipohjaelementtien vaatiman suuremman tukipinnan vuoksi. Kantavien väliseinien keskinäistä etäisyyttä ja määrää rakennuksessa vähensi esijätettyihin välipohjaelementteihin siirtyminen. (Mäkiö ym. 1994, s. 70)

Kirjahyllyrunkoisen asuinkerrostalon lyhyen sivun suuntaisten kantavien seinien keskinäisen etäisyyden toisistaan 1960-luvulla määritteli paikallavalutekniikka. Paikallavaletun teräsbetonilaatan jänneväli oli huomattavasti pienempi esijännitettyihin välipohjaelementteihin verrattuna. Tavallisesti kirjahyllyrunkoisen asuinkerrostalon kantavien seinien väli oli 3,3- 3,9 metriä. Aravan asunto-osakeyhtiö- ja vuokratalolainoja koskevissa ohjeissa vuonna 1962 olohuoneen vähimmäisleveydeksi määriteltiin 3,3 metriä ja vuonna 1970 3,6 metriä. (Mäkiö ym. 1994, s. 78, 194)

### **2.3.3 Jäykistys**

1960- ja 1970-luvuilla teräsbetonirakenteisen kirjahyllyrunгон jäykistävinä rakenteina toimivat porrashuoneen seinät sekä kantavat pääty- ja väliseinärakenteet. Jäykät välipohjalaatat: yleensä paikalla valettu teräsbetonilaatta, massiivilaattaelementti ja esijännitetty ontelolaatta, välittävät vaakasuuntaiset kuormitukset tasossa jäykistäville rakenteille. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 4)

Kirjahyllyrungolle ominaiset kantavat väliseinät jäykistävät rakennuksen poikittaissuunnassa. Rakennuksen pituussuunnan jäykistävinä rakenteita toimivat

pituussuuntaiset kantavat seinärakenteet, joita yleensä olivat vain porrashuoneen seinät. Pituussuuntaiset seinät sijaitsivat yleensä rakennuksen rungon keskellä jakaen runkosyvyyden kahteen osaan, vähentäen kiertymän vaikutusta. (Nordberg 2013, s. 10)

Elementtirakentamisen aikakautena rakenteissa oli runsaasti erilaisia kiinnityksiä, jotka altistuvat turmeltumisilmiöiden vaikutuksille ja siten kiinnitysvarmuuden heikentymiselle. 1960-luvun loppupuolelle saakka käytettiin elementtien kiinnityksissä kiinniketyyppejä ja materiaaleja, joiden pitkäaikaiskestävyys oli puutteellinen. Rakenteissa saattaa siten esiintyä kiinnitysten heikkenemistä. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 12)

### **2.3.4 Väli- ja yläpohjat**

1970-luvun alulle asti paikalla valettu massiivinen teräsbetoni-laatta oli yleisin asuinkerrostalojen väli- ja yläpohjarakenteissa käytetty laattarakenne. Suurin jänneväli paikalla valetuille teräsbetoni-laatoille oli noin 5-6 metriä. 1960-luvun alkupuolella kantavan teräsbetoni-laatan paksuus oli noin 150-160 mm, jonka päälle valettiin eristekerroksen varaan noin 40-50 mm paksu ns. uiva teräsbetoni-laatta. Myöhemmin 1960-luvulla kantavan laatan varaa valettiin vain 40-50 mm paksu pintabetoni. Vähentämällä valun jälkeistä työtä voitiin laatta valaa 190 mm rakennevahvuksena, jolloin pinta viimeisteltiin vain ohuella tasoitteella. (Neuvonen ym. 2006, s. 153)

1960- ja 1970-luvuilla väli- ja yläpohjissa oli myös osittain käytössä massiivisia välipohjaelementtejä. Ne olivat rakennevahvuudeltaan 190-200 mm paksuja teräsbetoni-laattoja, joiden jänneväli oli suurimmillaan noin 5,4 m. Koko vaihteli suurista huoneyksikön kokoisista laatoista 1,2 m leveisiin moduulimitoitettuihin laattaelementteihin, joiden pinnat viimeisteltiin yleensä ainoastaan ohuella tasoitteella. (Neuvonen ym. 2006, s. 153)

1970-luvun alusta alkaen BES-järjestelmän mukaisia esijännitettyjä välipohjalaattoja oli tarjolla kaksi vaihtoehtoa: ontelolaatta ja U-laatta. Suomessa esijännitettyjen ontelolaattojen valmistus alkoi vuonna 1970. Esijännitettyjä ja valmiiksi eristettyjä U-laattoja valmistettiin vuosina 1971-1983. Ontelolaatat alkoivat yleistymään Suomessa vasta 1970-luvun puolessavälissä ja samalla syrjäyttivät kilpailijansa U-laatat (Mäkiö ym. 1994, s. 74). Esijännitetyillä välipohjalaatoilla jännevälit kasvoivat yli 10 metriin. (Neuvonen ym. 2006, s. 153)

Asuinkerroksissa välipohjalaatan tehtävänä on eristää ääntä asuinhuoneistojen välissä kantavuuden lisäksi. Välipohjat ovat etenkin tästä syystä 1970-luvulla rakennetuissa asuinkerrostaloissa paksumpia kuin kantavuuden edellyttämä rakennepaksaus. Yläpohjalaatalla ääneneristävyyden osalta ei ole samanlaisia vaatimuksia, joten kantavana rakenteena voitiin käyttää rakennevahvuudeltaan 160 mm massiivilaattaa tai 200 mm ontelolaattaa välipohjien 190 mm massiivilaatan tai 265 mm ontelolaatan sijaan. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 4)

### **2.3.5 Vesikatto**

1960-luvun alkaessa talojen kattomuodot vaihtelivat varsin paljon. Erilaiset porrastetut harja- ja pulpettikatot sekä harjakatot olivat yleisiä. Käyttöullakot olivat harvinaisia, joten vesikattorakenteen alapuolelle rakennettiin tuulettuva yläpohjaontelo. Yleinen katemateriaali oli pelti, jonka lämmöneristeenä käytettiin lastuvillaa. 1960-luvun lopussa tasakattorakenteet alkoivat yleistyä ja 1970-luvun alussa tasakatto oli yleisin kattomuoto. Tasakatot rakennettiin suoraan lämmöneristeen varaan tai erillisen puisen alusrakenteen varaan. Katemateriaalina käytettiin yleensä singelillä suojattua kattohuopaa. (Neuvonen ym. 2006, s. 176)

Tasakatot rakennettiin niiden alkuaikoina hyvin loiviksi ja katteena oli yleensä kolme kerrosta juuttikangas- tai lumppuhuopapohjaista bitumikattohuopaa. Kattojen vedenpoisto toteutettiin yleensä sisäpuolisena, jossa sadevesi johdettiin kattokaivojen kautta talon läpi kulkeviin sadevesiviemäriin. Alusmateriaaleina käytettiin kevytsorakerroksen varaan asennettuja kevytsorabetonilaattoja, mineraalivillaa ja polystyreeniä, joista polystyreeni osoittautui jo 1970-luvulla täysin sopimattomaksi. Polystyreenilevyjen kutistuessa kattohuovat halkeilivat sekä repeilivät ja korvaavana tuotteena alettiin käyttää polyuretaani. (Neuvonen ym. 2006, s. 224)

## **2.4 Rakennuskannan yhdenmukaisuudet**

Tapio Kaasalaisen tuottamassa tutkimuksessa, jonka tutkimusaineisto kattaa vuosien 1968-1985 rakennuskannasta 320 betonielementtirakenteista asuinkerrostaloa, yhteensä noin 8700 asuntoa. Rakennuskanta nähdään hyvin yhdenmukaisena ja rakennuskannasta on selvitetty tyypillisimmät asuntomallit. Tutkimuksissa tarkastelluissa lähiökerrostaloissa on löydettävissä samankaltaisia asuntotyyppejä. Erilaisia

asuntotyyppejä löytyi yhteensä 18 kappaletta ja ne ovat jaettavissa kymmeneen erilaiseen päämalliin. (Kaasalainen 2015, s. 2)

Kaasalaisen ja Huuhkan (2016) mukaan rakennuskannan yhdenmukaisuudet ovat yllättäviä, sillä rakennustavat eivät olleet vakioituneet vielä 1960-1980 luvulla, mutta rakennusosien tuotanto oli. Asuntotuotanto perustui yhä vahvemmin betonin esivalmistustekniikkaan ja rakentamiseen haettiin taloudellisuutta. (Kaasalainen ja Huuhka 2016). Rakennuskannan yhdenmukaisuudet mahdollistavat konseptin omaisia ja laajamittaisia korjaustoimenpiteitä.



### **3 LISÄKERROSRAKENTAMISEN PERIAATTEET JA RAJOITUKSET**

Lisäkerrosten tulee sovittaa vanhoihin rakennuksiin siten, että lopputuloksesta saadaan aikaan ympäristöön sopivaa ja miellyttävää arkkitehtuuria. Yleisilmeen osalta on mietittävä mitä tapahtuu vanhan rakennuksen räystäslinjan osalta. Jatketaanko julkisivua samanlaisena lisäkerroksen osalta sulauttaen julkisivujen osat toisiinsa vai onko lisäkerros itsenäinen osa julkisivua? Ratkaisevina tekijöinä toimii rakennuspaikan mahdolliset edellytyksen julkisivun jatkamisesta sekä porrashuoneen ja hissien jatkaminen lisäkerrokseen. Lisäkerrosrakentamisessa puututaan vanhan julkisivun ilmeeseen ja julkisivun muutoksilla voidaan vaikuttaa koko rakennuksen uudistuneeseen kokonaisuuteen. (Soikkeli ym. 2015, s. 84)

Lisäkerroksien rakentamisen aikana asuinkerrostalon asuinnoissa todennäköisesti asutaan, joten asukkaiden kannalta on edullista, että lisäkerrosten rakentaminen on mahdollisimman nopeaa sekä vanhojen rakenteiden muutoksilta tai vahvistamiselta välttyään. Lisäkerros voidaan toteuttaa tilaelementeillä, osaelementeillä tai kappaletavarasta sekä myös eri toteutustapoja yhdistelemällä. Rakennusaika on pidempi, mitä enemmän lisäkerroksia rakennetaan rakennuspaikalla. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 36)

Lisäkerrosrakentaminen vaatii tiivistä yhteistyötä kaupungin, taloyhtiön ja asukkaiden välillä. Perusedellytyksinä ovat asukkaiden ja kunnan hyväksyntä hankkeelle rakennusluvan ja rakennusoikeuden muodossa sekä rakennuksen teknisten ja muiden vaatimuksien on täytyttävä. Hankkeen kannattavuus tulee tarkistaa tapauskohtaisesti sillä siihen vaikuttavat huomattavasti kunnan lisärakentamista koskevat päätökset, lisärakentamisen määrällinen tarve, tontin omistussuhteet, pysäköintijärjestelyt sekä alueen asuntojen myyntihinnat. Lisärakentamisessa on otettava huomioon myös taloudelliset riskit, jotka toteutuessaan estävät hankkeelle asetettujen tavoitteiden toteutumisen. (Lukkarinen ym. 2011, s. 42)

Lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksien arvioiminen edellyttää rakennusta koskevien lähtötietojen hankkimista ja tutkimista. Rakennepiirustukset ovat rakennuttajan, kuten asuntoyhtiön tai kunnan vuokra-asuntoyksikön hallussa tai ne on hankittava kunnan rakennusvalvontaviranomaisen arkistosta, jossa on yleensä riittävä tieto 1960- ja 1970-

luvun rakennuksista. Perustusten kantavuutta ja rakennuksen kuormia koskevat tiedot löytyvät rakennesuunnitelmista, -piirustuksista ja -laskelmista. Rakennuksen perustietojen sijainti suunnitelmissa on esitetty taulukossa 2. Kuitenkin on mahdollista, että suunnitelmat voivat olla puutteellisia tai jostakin syystä hävinneet. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 24)

Taulukko 2. Lisäkerrosrakentamismahdollisuuksien arvioimisessa tarvittavat rakennetekniset lähtötiedot (mukaillen Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 24).

Asiakirja	Asiakirjasta saatavat tiedot
Pääpiirustukset	Kerrosten lukumäärä Rakennusala Kerroskorkeus
Perustamistapalausunto	Paaluperustus: - paalutusluokka - sallittu paalukuorma Seinäanturaperustus: - maan sallittu pohjapaine
Paalutuspöytäkirja	Paalutusluokka Sallittu paalukuorma Paalujen määrä
Perustusten tasopiirustus	Paaluperustus: - paalutusluokka - sallittu paalukuorma - paalujen määrä ja sijainti Seinäanturaperustus: - maan sallittu pohjapaine - anturan leveys
Perustusleikkaukset	Anturan poikkileikkaus ja raudoitus
Muut rakennepiirustukset	Rakenteiden paino Rakenteiden rakennevahvuudet Kuormitukset
Rakennelaskelmat	Rakenteiden paino Jäykistyslaskelmat Perustusten mitoitus Rakenneosien mitoitus

Johanssonin ja Thymanin (2013) maisterintyön haastatteltavat Kilersjö (2013) sekä Östling (2013) painottavat lisäkerrosrakentamisessa projektin eri osapuolien kommunikoinnin tärkeyttä. Projektin tilaajan, suunnittelijoiden, urakoitsijan ja muiden osallisten kommunikointi ja yhteistyö on jopa tärkeämpää normaaliin rakentamiseen verrattuna. Kaikkien haastateltujen kesken vanhojen rakenteiden tarkka selvittäminen on erityisesti esivalmisteosia käytettäessä yksi projektin ratkaisevimmista osa-alueista. Rakenteiden tarkoista sijainneista johtuvat epäkeskisyydet saattavat aiheuttaa ei haluttuja kuormitusongelmia. (Johansson ja Thyman 2013, s. 30)

Lisärakentamista selvitettäessä tulee vanhan rakennuksen runkorakenteet ja niiden toiminta selvittää tarkasti. Vaativissa lisäkerrosrakentamiskohteissa edellytetään tarkempaa analyysiä erityisesti vanhan rakennuksen jäykistävien rakenteiden toiminnasta. Erityisesti elementtirakentamisen alkuaikana seinärakenteiden jäykistäviä voimia välittävät elementtiliitokset on voitu tehdä monella eri tavalla. (Vanha-Viitakoski 2014, s. 24)

### **3.1 Rakenteiden ja perustusten kantavuus**

Lähtökohtaisesti 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalon kantavien rakenteiden kantavuus on hyvä, mutta rakenteiden laadullisesta toteutuksesta on varmistuttava kohdekohtaisesti. Vanhojen betonirakenteiden kantavuuden edellytykset on varmistettava etenkin betoniraudoitteiden raudoitusten määrän ja laadun osalta. Paikallarakennettujen teräsbetoniosien raudoitusten yhtenäisyys suunnitelmien kanssa voi vaihdella, jolloin kantavuutta tulee arvioida rakennetutkimuksien avulla. Lisäkerrosten ollessa kevytrakenteisia kantavien rakenteiden lisäkuormitukset ovat kuitenkin huomattavasti pienempiä. (Levanto 2019)

Rakennuksen jäykistämistapa on selvitettävä ja arvioitava lisäkerrosten lisäjäykistykseen tarve. Vanhat betonirakenteet ovat raskaita ja rakennuksen massa on suuri etenkin välipohjien pienillä jänneväleillä, jolloin kantavat väliseinärakenteet ovat tiheässä. Rakennuksen pitkittäissuuntainen jäykistys voi vaatia lisäjäykistämistä sekä lisäkerrosten rakenteet on ankkuroidava oikealla tavalla vanhaan runkoon, etenkin jäykistykseen kannalta. (Levanto 2019)

Rakennuksen kantavuuden määrittelee hyvin pitkälti perustusten kokonaiskapasiteetti. Rakentamispaikka on 1960- ja 1970-luvulla valittu paremmin ja on suosittu perustamisolosuhteiltaan edullisia vaihtoehtoja. Rakennuspaikat on voitu valita vapaammin ja taloudellisuus on ohjannut rakentamista, jolloin perustamisolosuhteiltaan hyvät sijainnit ovat houkuttelleet rakentajia. Perustamistapa ja perustusten kantavuus on varmistettava rakennusta korottaessa. (Levanto 2019)

### 3.1.1 Perustukset

Lähiökerrostalojen yleisimmät perustamistavat ovat tiivisrakenteiseen maakerrokseen lyödyillä teräsbetonisilla tukipaaluilla tai kantavien seinien suuntaisilla seinäanturoilla. Tukipaaluperustusten kantavuutta voidaan arvioida laskennallisesti seinäanturoita varmemmin ja tarkemmin. Seinäanturoiden kantavuuteen vaikuttaa enemmän painumat ja painumien erot varsinkin maan kantavuuden ollessa heikko. Tukipaaluperustukset ovat maanvaraisia antura perustuksia parempi vaihtoehto lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksien osalta. Kitka- ja koheesiopaalujen geotekninen kantavuus on tapauskohtaisesti määritelty rakennuspaikan pohjaolosuhteiden mukaan. Kitka- ja koheesiopaalujen geotekninen kantavuus on pienempi kuin tukipaalujen ja painonlisäys johtaa paalujen painumien lisääntymiseen, jolloin lisäkerrosten rakentaminen vaikeutuu. (Kylliäinen ja Keronen 1999, ss. 26, 52)

Maanvaraiset seinäanturat on usein pyritty suunnittelemaan raudoittamattomina, jolloin pohjapaineen aiheuttama vetojännitys anturan alapintaan on pienempi kuin betonin vetolujuus. Mikäli maanvaraisilla raudoittamattomilla seinäanturoilla perustetun rakennuksen kuormituksia lisätään, pohjapaine kasvaa ja vetojännitys betonissa kasvaa, ja antura voi haljeta. Tästä syystä rakennuksen korottaminen voi olla vaikeaa. Raudoittamattomien anturoiden kantavuutta lisäkerrosrakentamisessa on joka tapauksessa tarkasteltava tarkemmin. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 27)

Seinä-laattarunkoisen kerrostalon lisäkerrosrakentaminen riippuu pääasiassa perustusten kantavuudesta. Perustusten osalta kantavuuden arviointi toteutetaan vertaamalla kerrostalon rakenteiden painoa sekä kaikkia hyöty- ja luonnonkuormia perustusten kantavuuteen. Perustuksia käsitellään kokonaisuutena pelkästään geoteknisen kantavuuden kannalta lisäkerrosrakentamisen mahdollisuutta selvitettyä. Pää tarkoituksena on selvittää perustusten kokonaiskapasiteetti sekä lisäkerrosten suurin

mahdollinen lisäkuormitus, jos lisäkuormien lisääminen on ylipäänsä mahdollista. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 52)

Perustusten kuormakapasiteetin ollessa äärirajoilla voi kuormitussäästöjä hakea esimerkiksi ulkoseinien elementtien purkamisesta ja korjaamisesta. Julkisivuelementtien energiatehokkuuden lisäämiseksi betonirakenteisen ulkokuoren ja eristeen korvaaminen uusilla eristeillä ja kevytrakenteisilla uusilla julkisivuelementeillä vähentää kuormituksia rakennuksen perustuksilta. Julkisivun osalta kuormitussäästöä saadaan aikaiseksi ainoastaan, jos julkisivu tukeutuu kantavaan seinärakenteeseen tai välipohjalaattaan. Julkisivuremontit ovat hyvin yleisiä 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantamiseksi. (Sundström 2014, s. 35)

Perustusten vahvistaminen lisäkerroksia varten tuo rakennushankkeelle mittavia kustannuksia, jolloin lisäkerrosten rakentamista voidaan pitää kannattamattomana investointina. Selvitettäessä mahdollisuuksia lisäkerrosten rakentamiselle tulee arvioida perustusten kantavuus sekä verrata sitä rakennuksen kuormitukseen. Perustuksien on tarjottava riittävästi ylimääräistä kapasiteettia lisärakentamiselle. Lisärakentamisen jatkosuunnittelu saattaa edellyttää tarkempia tutkimuksia perustusten kantavuuden osalta. (Vanha-Viitakoski 2014, s. 37)

Perustusten kantavuutta voidaan jopa pitää lisäkerrosrakentamisen rajoittavana tekijänä. Perustusten sallima lisäkuormituskapasiteetti määrittelee pitkälti rakennettavien lisäkerroksien määrää. Kallionvaraisella perustuksella on lähtökohtaisesti paras lisäkapasiteetti lisäkerrosrakentamista varten. Maanvaraisella tai paaluperusteisella rakennuksella on harvoin riittävästi kapasiteettia useammalle lisäkerrokselle. (Sundström 2014, s. 34)

### **3.1.2 Rakennuksen kantavat rakenteet**

Raudoittamattomat tai raudoitetut kantavat teräsbetoniset seinärakenteet yleensä kestävät lisääntyvät pystykuormitukset ilman vahvistuksia. Kantavien rakenteiden rakennevahvuuksiin on edistävästi vaikuttanut paloturvallisuus, ääneneristys ja välipohjalaataston vaatima tukipinta (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 52). Lisääntyneet kuormitukset eivät välttämättä jakaudu tasaisesti vanhoille seinärakenteille tai siirtopalkistolta voi aiheutua pistekuormituksia, jotka tulee ottaa huomioon tarkasteltaessa vanhojen seinärakenteiden kantavuutta. (Sundström 2014, s. 34)

Lisäkerrosten suunnittelussa on varauduttava siihen, ettei yläpohjalaatta yleensä kestä lisäkerrosten kuormia vaan kuormat on siirrettävä kantaville seinille, pilareille tai palkeille. Tilanteessa, jossa lisäkerroksen kantavat rakenteet eivät sijaitse vanhojen kantavien linjojen kohdalla tai kantavat rakenteet ovat harvassa, voidaan lisäkerroksen rakenteet rakentaa siirtopalkiston päälle, mikä siirtää kuormitukset olemassa oleville kantaville rakenteille. (Soikkeli ym. 2015, s. 87)

Lisäkerroksia suunniteltaessa on huomioitava, ettei vanhan yläpohjarakenteen pinta välttämättä ole tasainen. Uusi välipohjarakenne tai siirtopalkisto on suunniteltava sellaiseksi, että rakentamisvaiheessa välipohjan epätasaisuus voidaan oikaista. Välipohjarakenteen osalta olennaista on selvittää, mitkä alueet yläpohjan rakenteesta eivät kestä lisäkuormituksia tai uusien rakenteiden ankkuroimista. (Soikkeli ym. 2015, s. 87)

### **3.1.3 Jäykistys**

Vanhan rakennuksen kantavien seinärakenteiden kannalta pystykuormien kasvamista merkittävämmäksi tulee rakennuksen vaakasuuntaisten kuormitusten lisääntyminen. Rakennuksen korkeuden kasvaessa rakennuksen tuulikuormat kasvavat, jolloin myös rakenteiden vinoudesta aiheutuvat vaakakuormitukset lisääntyvät. Esimerkiksi kolmikerroksisen asuinkerrostalon korottaminen kahdella lisäkerroksella kasvattaa tuulikuormituksen lähes kaksinkertaiseksi. Lisääntyneiden vaakakuormitusten osalta rakennuksen kokonaiskapasiteetti tulee tarkistaa myös jäykistyksen osalta. Rakennuksen jäykistystä tarkasteltaessa luonnonkuormituksille käytetään nykyisten normien mukaisia luonnonkuormia koko rakennuksen osalta, vaikka asuinkerrostalo olisikin aikoinaan mitoitettu eri normien ja kuormitusten mukaan. (Sundström 2014, s. 34, 39)

Kirjahyllyrunkoisessa asuinkerrostalossa rakennuksen lyhyemmän sivun suuntaisia jäykistäviä seinärakenteita on riittävästi, mutta pitkästä suunnasta seiniä on yleensä vähemmän. Lisäksi elementtirakenteisessa rakenteessa on syytä tarkistaa elementtiliitosten riittävä kestävyys ja raudoitteiden määrä. Rakennusta korottaessa lisääntyneet tuulikuormat voivat muokata rakenteisiin kohdistuvia veto- ja leikkausvoimia uudessa kuormitustapauksessa. (Sundström 2014, s. 34)

### 3.2 Rakennuksen esitietojen luotettavuus

Korjausrakentamiselle tyypillistä on se, ettei rakennuksen rakenteiden kuntoa tiedetä tarkkaan korjaustöiden alkaessa. Tämä voi johtua niin alkuperäisten suunnitelmien puuttumisesta kuin niiden puutteellisuudesta. Rakentamisen aikainen huonon mittatarkkuus sekä vauriomekanismien tuomat ongelmat asettavat haasteita lisäkerrosrakentamiselle. Teollisten esivalmistusosien käyttö vaatii tarkat esitiedot rakenteista, minkä vuoksi vanhojen rakenteiden tutkimiseen ja mittaukseen on erityisesti panostettava. (Junnonen ja Lindstedt 2011, s. 171)

Lisäkerrosrakentamishankkeen aikana on varmistuttava rakennusaikaisten asiakirjojen luotettavuudesta, sekä arvioitava rakennesuunnitelmien, -piirustusten ja -laskelmien luotettavuus. Perustusten osalta kantavuuden arviointia voi haitata se, että paalutuspöytäkirja ei vastaa toteutettua paalutustyötä. Tällaisessa tilanteessa paalutuspöytäkirja on voitu laatia vasta paalutustyön jälkeen. Virheellisinä tietoina paalutuspöytäkirjoista voi löytyä esimerkiksi loppulyöntien osalta tai katkenneiden paalujen korvaamiseksi lyötyjä lisäpaaluja, jolloin paalujen kantavuus ei välttämättä vastaa todellisuutta. Anturaperustusten mitoituksessa käytetyn pohjapaineen suuruus tulee varmistaa esimerkiksi lähellä rakennettujen uudisrakennusten pohjatutkimuksilla. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 19)

Rakennuksen suunnitelmat ja toteutus eivät välttämättä vastaa toisiaan, sillä rakennustöiden aikaisia muutoksista on voitu sopia suullisesti ja muutokset ovat voineet jäädä merkitsemättä piirustuksiin. Elementtirakentamisen aikaiset toteutustavat eivät kuitenkaan olleet niin yksilöllisiä kuin ennen tai sotien jälkeen rakennetuissa kerrostaloissa, joten erilaisten muutokset sekä variaatiot ovat pienempiä (Junnonen ja Lindstedt 2011, s. 36). Joissakin tapauksissa myös suunnitelmien mukaiset ei-kantavat rakennusosat todellisuudessa kantaa vähäisiä kuormia. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 20)

Alustavaa tietoa rakenteista saadaan piirustuksista, vaikka korjaustöissä ei voida täysin luottaa siihen, että toteutus vastaa tarkalleen piirustuksia. Elementtirakenteiset asuinkerrostalot eivät kuitenkaan rakenneratkaisuiltaan sisällä juurikaan sellaisia yllätyksiä, joita ei suunnitteluvaiheessa voitaisi ottaa huomioon (Junnonen ja Lindstedt 2011, s. 36). Rakentamisen aikaiset muutokset on voitu tehdä sekä suunnittelijoiden

suostumuksella että omin päin. Rakenteita avatessa voi todellisuus olla epätäydellisempää ja piirustukset ovat vain ihanteellinen kuva rakennuksesta. Rakenteissa paras tiedonlähde on rakennus itse ja kohteessa tehtävät rakenneavaukset täydentävät suunnitelmista saatua lähtötietoa. (Neuvonen ym. 2006, s. 56)

### **3.3 Viranomaismääräykset**

Lähtökohtaisesti rakentaminen tulee olla asemakaavan ja rakentamismääräysten mukaista, ja niistä voidaan poiketa ainoastaan erityisistä syistä. Poikkeamisesta asemakaavasta tai rakentamismääräyksistä tulee aina neuvotella rakennusvalvonnan kanssa etukäteen. Esimerkiksi Helsingin rakennusvalvonnan poikkeamisohjeessa kerrotaan, miten ja millä asiakirjoilla poikkeamista tai vähäistä poikkeamista rakennusluvan yhteydessä haetaan. (Helsingin Rakennusvalvonta 2019)

#### **3.3.1 Asemakaava ja poikkeaminen**

Asuinkerrostalojen korotushankkeet käsitellään pääasiassa asemakaavan muutoksena asemakaavoitusosastolla ja asemakaavamuutokset voivat kestää pitkään ajallisesti Helsingin kaupungin asemakaavoitusosaston kantakaupunkitiimin päällikkö Hanna Pikkaraisen sekä asemakaava-arkkitehti Kerttu Kurki-Issakaisen mukaan. Valitukset voivat hidastaa kaavamuutosprosessia, mutta yksittäiset valitukset kuten näkymien huononeminen, eivät välttämättä voi estää asemakaavamuutoksen hyväksymistä. Lisäkerroksia voidaan rakentaa myös muiden kuin asuinkerrostalojen päälle, kuten esimerkiksi rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä. Helsingin uuden yleiskaavan mukaisesti asemakaavoitusosasto suhtautuu täydennysrakentamis- ja korotushankkeisiin yleensä positiivisesti. (Pikkarainen ja Kurki-Issakainen 2017; Huhtala 2017)

Rakentamisen vähäinen poikkeaminen asemakaavasta tai rakentamista koskevista määräyksistä on tapauskohtaista. Lisäkerrosrakentamiseen liittyviä vähäisen poikkeamisen esimerkkejä ovat:

- rakennusalojen rajojen ja sallittujen korkeuksien vähäinen ylittäminen sekä naapurin suostumuksella rakentaminen sallittua lähemmäksi naapurin rajaa,
- poikkeaminen vähäisesti kaavan kattomuodosta tai julkisivumateriaaleista,
- vähäinen poikkeaminen rakentamismääräyksestä korjausrakentamisen yhteydessä



Poikkeamisen mahdollisuus ja suuruus on erilainen riippuen poikettavasta säädöksestä. Jos kerrosalan ylitys tai rakennuksen korkeus poikkeaa asemakaavasta vähäistä enemmän, tarvitaan poikkeamispäätös. Korjausrakentamisen yhteydessä voi tilanne antaa aihetta väljempään poikkeamiseen kuin uudisrakentamisessa. (Helsingin Rakennusvalvonta 2019, s. 8)

Kunta voi hakemuksesta myöntää poikkeamisen maankäyttö- ja rakennuslaissa säädetystä tai sen nojalla annetusta rakentamista tai muuta toimenpidettä koskevasta säännöksestä, määräyksestä, kiellosta tai muusta rajoituksesta (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132). Maankäytön suunnittelun kannalta on perusteltua muuttaa asemakaavaa, mikäli rakennushanke on merkittävästi asemakaavan vastaista. Kaupunkiympäristölautakunta tai maankäyttöjohtaja ovat päätösvaltaisia lisäkerrosrakentamiseen liittyvissä poikkeamistapauksissa kuten:

- vähäistä suuremmat rakennusoikeuden ylitykset,
- olemassa olevan rakennuksen korottaminen ja siihen liittyvä ullakkorakentaminen,
- autopaikkojen määrä ja sijainti,
- asuntojen keskipinta-ala / huoneistojakauma. (Helsingin Rakennusvalvonta 2019, s. 5)

Päätöksenteossa harkinta on tapauskohtaista, jossa otetaan huomioon lähiasukkaat ja muiden osallisten mielipiteet. Poikkeamispäätöksen hakemiselle on oltava erityinen syy sekä sen tulee olla perusteltu. Poikkeamisen on johdettava parempaan tulokseen kuin mihin päästäisiin säännösten mukaisella rakentamisella. Poikkeamisen syy voi olla esimerkiksi määräysten tai ympäristön tilanteen muuttuminen asemakaavan laatimisen jälkeen. (Helsingin Rakennusvalvonta 2019, s. 5)

Kerrosalan laskemiseen Maankäyttö- ja rakennuslain (1999/132) 115 §:n mukaan rakennuksen kerrosalaan lasketaan ulkoseinien ulkopinnan mukaan. ” Jos ulkoseinän paksuus on enemmän kuin 250 millimetriä tai huoneistoa rajaavan väliseinän paksuus on enemmän kuin 200 millimetriä, saa rakennuksen kerrosala ylittää muutoin rakennettavaksi sallitun kerrosalan tästä aiheutuvan pinta-alan verran. Rakennuksen rakennettavaksi sallitun kerrosalan saa ylittää myös väestönsuojan tai taloteknisten järjestelmien edellyttämän kuilun, hormin tai yleisiin tiloihin avautuvan teknisen tilan

rakentamiseen tarvittavan pinta-alan verran. ” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132, 115 §)

### 3.3.2 Lisäkerroksen alapohja

Rakennusosien väliin sijoittuva välitilaa koskevat määräyksen ja vaatimukset ovat lisäkerrosrakentamisessa tulkinnanvaraisia. Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) luvun 5 kohdassa 20 § käsitellään rakennuksen alapohjan ryömintätilan korkeutta ja kulkuyhteyttä. ” Uuden rakennuksen ryömintätilan korkeuden on oltava keskimäärin vähintään 0,8 metriä. Ryömintätilaan on oltava pääsy sen tarkastamista ja siellä sijaitsevien laitteiden ja järjestelmien huoltamista varten. ” Veden pääsy alapohjan alapuoliseen ryömintätilaan tulee olla estetty, eikä kosteus saa aiheuttaa haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle. (Ympäristöministeriön asetus 2017/782, 20 §)

Välitilan korkeuden määrittelee lisäkerrosten kantavien rakenteiden sekä LVIS-asennusten ja vaakasiirtojen vaatima korkeus. Mikäli välitilassa joudutaan toteuttamaan vaakavetoja ilmavaihdon kanaville sekä viemärijärjestelmille tulee ne ottaa huomioon tilan korkeudessa. Jätevesilaitteiston vaaka- sekä pystyviemäreissä on oltava helposti käsiteltävät ja suljettavat puhdistusaukot (Ympäristöministeriön asetus 2017/1047, 34 §)

Rakennusosien väliselle välitilalle ei ole suoraa ohjeistusta määräyksissä tai sille ei ole esitetty erityisiä vaatimuksia. Välitilan rakenteen korkeuden määrittely on siten mahdollista ainoastaan sen asennus- ja huoltotöiden vaatiman korkeuden mukaan. Ryömintätilan korkeus tulisi siis olla keskimäärin vähintään 0,8 m, jolla varmistetaan ryömintätilassa tehtävät asennukset sekä huoltotoimenpiteet. Välitilan kosteustekniseen toteutukseen tulee kuitenkin kiinnittää huomiota suunnittelussa.

Viemärijärjestelmien vaakavetojen kaadot vaikuttavat myös olennaisesti välitilan korkeuteen. Vaakaviemäreiden kaadon peruseriaatteena käytetään 20 ‰ kaatoa. Tämä tarkoittaa 1 m matkalla 2 cm korkeudenmuutosta. Mikäli viemärijärjestelmien vaakavedot ovat lisäkerroksen alapohjassa pitkiä tulee se ottaa huomioon välitilan korkeudessa

### 3.3.3 Väestönsuoja

Väestönsuojan rakentamisvelvollisuus määritellään Suomen pelastuslaissa (Pelastuslaki 2011/379). ” Jos rakennuksessa, jossa on väestönsuoja, tehdään maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 125 §:n mukainen rakennuksen rakentamiseen verrattavissa oleva korjaus- tai muutostyö tai käyttötarkoituksen muutos, myös väestönsuoja on kunnostettava siten, että se täyttää soveltuvin osin 74 §:ssä ja sen nojalla säädetyt väestönsuojan teknisiä yksityiskohtia koskevat vaatimukset. ” (Pelastuslaki 2011/379, 72 §)

Väestönsuojan rakentamisvelvollisuudesta poikkeaminen määritellään pelastuslain kohdassa 74 §. ” Tämän lain väestönsuojan rakentamisvelvollisuutta koskevat säännökset eivät koske maatilatalouden tuotantorakennuksia taikka olemassa olevassa rakennuksessa tehtävää rakennuksen rakentamiseen verrattavaa rakennuslupaa edellyttävää korjaus- tai muutostyötä, joka samalla lisää rakennuksen kerrosalaa kellarissa tai ullakolla. ” Lain mukaan väestönsuojan rakentamisvelvollisuus ei siis koske lisäkerrosrakentamista. Kuitenkin pelastuslain kohdan 72 § mukaan väestönsuojan tulee kunnostaa väestönsuojan teknisten yksityiskohtien mukaiseksi. (Pelastuslaki 2011/379, 73 §)

Jos lisäkerrosrakentamisen yhteydessä toteutetaan täydentämISRakentamista, voidaan uusi väestönsuoja sijoittaa uudisrakennuksen yhteyteen. Tällöin olemassa olevan asuinkerrostalon väestönsuojatilan käyttötarkoitusta voidaan muuttaa. Valtioneuvoston asetus väestönsuojista kohdan 3 § mukaan väestönsuoja voidaan sijoittaa enintään 500 m päähän rakennuksesta (Valtioneuvoston asetus 2011/408, 3 §).

### 3.3.4 Uloskäytävän vaatimukset

P1-paloluokan asuinkerrostalon paloturvallisuuden yhtenäisiä käytäntöjä on koottu rakennusvalvontaviranomaisten toimesta TOPTEN -kortistossa. Lisäkerrosten osalta rakennuksen uloskäytävän ja poistumisteiden kohdalla noudatetaan uudisrakentamisen määräyksiä ja ohjeistuksia. Rakennuksen koko uloskäytävä on samaa palo-osastoa, johon kuuluu kerros- ja lepotasot sekä porrassyöksyt ja mahdolliset savukanavat. Asuntojen kerrostasoon avautuvat palo-ovet ovat rakenteeltaan EI30 ja avautuvat poistumistiesuuntaan. Kerrostason ääripäiden etäisyys voi enintään olla 24 m ja yksittäinen käytävänperä enintään 12 m, mikä mitataan lyhyintä murtoviivaa pitkin alas lähtevän porrassyöksyn reunasta viimeisimmän asunnon oven keskilinjaan.

Suunnittelijan on valittava käytettävät ratkaisut ja huolehdittava rakennuksen suunnittelussa, että se täyttää paloturvallisuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset. (TOPTEN-rakennusvalvonnat 2018)

Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviranomaisen laatimassa savunpoisto rakennuksista -ohje on laadittu vastaamaan rakentamismääräysten minimitasoa. Rakennuttaja harkitsee itse, riittääkö minimitasoinen savunpoisto. Savunpoistolta vaaditaan, että se poistaa palotilanteessa rakennukseen kerääntyneen savun kaikista tiloista suoraan tai muiden tilojen kautta. Pääsääntöisesti savunpoisto on riittävä, mikäli se on hoidettavissa käsin avattavien ikkunoiden, luukkujen tai oviaukkojen kautta. Rakennuksen korjauksen tai muutostyön yhteydessä lähtökohtana on, että savun poistoon käytetään olemassa olevia ikkunoita ja ovia sekä, että savunpoisto suunnitellaan mahdollisimman yksikertaiseksi. Paloluokan P1 asuinkerrostalossa, jonka kerrosluku on 4-8 kerrosta osastoidun uloskäytävän savunpoiston on oltava vähintään 1 m<sup>2</sup> alhaalta avattava savunpoistoikkuna tai -luukku. (Helsingin rakennusvalvonta 2015a, s. 1)

### **3.3.5 Esteettömyys**

Määräysten soveltamisen kannalta korjausrakentaminen on eri asemassa kuin uudisrakentaminen. Yleisten suunnitteluohjeiden antaminen korjausrakentamiseen on vaikeaa, sillä tilanteet ovat erittäin vaihtelevia. Olemassa olevan rakennuksen tiloja laajennettaessa noudatetaan pääsääntöisesti esteettömyyden osalta normaaleja sääntöjä, uudisrakentamista koskevia määräyksiä sekä koko rakennuksen esteettömyyttä tarkastellaan kokonaisuutena. Viranomainen käyttää harkintavaltaa rakentamismääräysten soveltamiseen rakennuksen esteettömyyttä tarkasteltaessa. (Helsingin rakennusvalvonta 2015b, s. 8)

Lisäkerrosrakentamisen yhteydessä rakennettavan jälkiasennushissin tai hissin jatkamisen osalta tulee pyrkiä esteettömyyden kannalta toimivaan ratkaisuun mahdollisuuksien mukaan. Jälkiasennushissin asennus voidaan toteuttaa olemassa olevaan porraskäytävään sijoittamalla hissi porrassyöksen tilalle tai väliin ja tarpeen vaatiessa rakentaa uusi porrassyökse rakennusrungon ulkopuolelle. Mikäli olemassa olevaa hissiä jatketaan lisäkerrosten käyttöön, tulee sen täyttää liikkumisesteettömyyden vaatimukset. (Helsingin rakennusvalvonta 2015b, s. 8)

### 3.3.6 Pysäköintipaikkamäärä

Kaupunkisuunnittelulautakunta asettaa pysäköintipaikkamäärille vaatimukset ja sitä varten on yleensä toteutettu pysäköintipaikkamäärän laskentaohje. Laskentaohjeen tarkoituksena on ohjeistaa asukkaille tarvittava määrä pysäköintipaikkoja ja että ne voidaan toteuttaa taloudellisesti ja maankäytöllisesti järkevällä tavalla. Laskentaohjeessa otetaan erikseen myös kantaa täydennys- ja lisärakentamisen vaikutuksesta pysäköintipaikkamäärään. (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015)

Autopaikkamääräyksiä ei yleisesti käytetty 1960-luvun alussa ja sitä ennen kaavoitetuilla alueilla. Pysäköinti tapahtui yleensä autotallien ja pihojen lisäksi leveiden katujen varsille. Rakennushallitus suositteli vuonna 1963 normia 1 autopaikka per asunto ja autopaikkatoimikunta päätyi samaan suositukseen vuonna 1966. Ohjetta käytettiin kaavoituksessa 1960-luvulla vaihtelevasti. Autopaikkojen rakentamisvelvoitteet asemakaavamääräyksissä vakiintuivat 1970-luvulla ja ensimmäinen Helsingin oma laskentaohje on vuodelta 1973. Pysäköintipaikat sijoitettiin kaavoissa kerrostaloalueille ja tonteilla ja osa pysäköintikansille. (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015)

Helsingin kaupungin Asuintonttien pysäköintipaikkamäärien laskentaohjeessa asetetaan vaatimukset pysäköintipaikkojen rakentamiselle. Laskentaohjeen tavoitteena on järjestää asukkaiden pysäköinti siten, että se mahdollistaa tiiviin tavoiteltavan kaupunkirakenteen ja mahdollistaa kantakaupungin laajentumisen sekä toteuttaa keskitettyjä pysäköintiratkaisuja nimeämättömillä paikoilla. Kaava mahdollistaa, että autopaikkaa tarvitseva asukas saa pysäköintipaikan. Hyväksyttävä jalankulkuetäisyys rakennukselta pysäköintipaikoille on 50-250 m (RT 98-11215 2016, s. 1). Kerrostalojen pysäköintipaikkamäärät on esitetty taulukossa 3. Laskentaohjeessa otetaan huomioon joukkoliikenteen etäisyys tontista. Etäisyys mitataan laiturin tai pysäkkiparin keskipisteestä linnuntietä tontin keskipisteeseen. (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015)

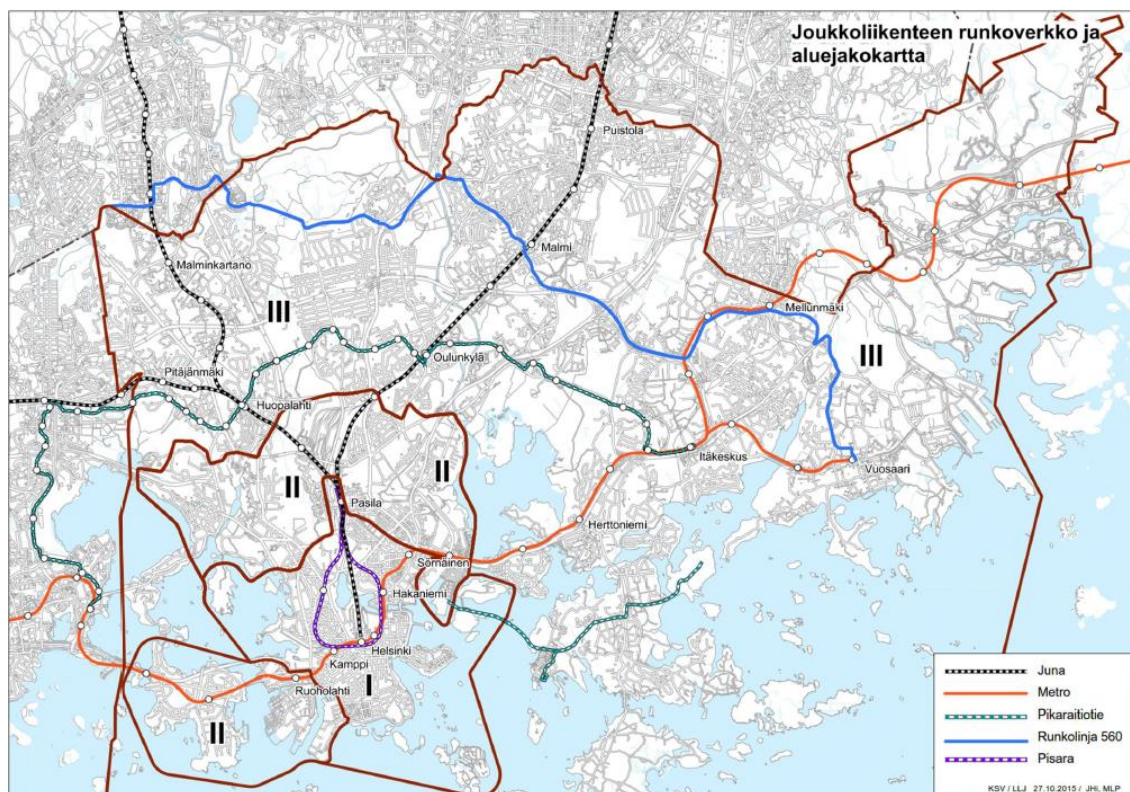
Taulukko 3. Asuinkerrostalojen pysäköintipaikkamäärät laskentaohjeen perusteella (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015).

Alue	Etäisyys metro- tai juna-asemalle	Etäisyys pikaraitiotien pysäkille	Etäisyys runkolinjan 560 pysäkille	1 ap / k-m <sup>2</sup>
I				<b>150</b>
II				<b>135</b>
	alle 400 m			145
III				<b>100</b>
	alle 300 m			130
	300-600 m	alle 600 m		130
			alle 600m	120
	600-900 m			110

Helsingin kaupunki on jaettu pysäköintipaikkamäärien laskentaohjeessa kolmeen eri alueeseen:

- kantakaupungin eteläosa (alue I),
- kantakaupungin pohjoisosa ja merenrantaiset alueet sekä Lauttasaari (alue II),
- esikaupunkialueet (alue III).

Pysäköintipaikkamäärien aluejako Helsingissä on esitetty kuvassa 5. (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015)



Kuva 5. Autopaikkamäärän laskentaohjeen aluejakokartta (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015).

Täydentämiskäytännöllä on olemassa poikkeussääntö laskentaohjeessa, jos täydennysrakentaminen tapahtuu laskentaohjeen aluekartan alueilla I tai II. Laskentaohjeen mukaista autopaikkamäärää ei edellytetä täydennysrakentamisen yhteydessä alueilla I ja II, mikäli uutta asuintilaa syntyy alle 1200 k-m<sup>2</sup>. Poikkeus ei ole kuitenkaan voimassa Pasilan, Länsisataman, Jätkänsaaren, Arabianrannan ja Kalasataman projektialueilla. Muuten täydennys- ja lisärakentamisessa noudatetaan uudisrakentamisen ohjeita pysäköintipaikkamäärien laskennassa. (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015). Tämän perusteella voidaan todeta, että lisäkerrosrakentamisessa noudatetaan uudisrakentamisen mukaista pysäköintipaikkamäärää lisääntyneen kerrosneliömetrien suhteen.

Pysäköintipaikkamäärää voidaan kuitenkin vähentää erikoisjärjestelyillä tai laskentaohjeesta voidaan poiketa erityisten perusteluiden avulla. Esimerkiksi tontin omistaja tai haltija voi pysyvästi liittyä yhteiskäyttöautojärjestelmään tai muulla tavalla varata asukkaille yhteiskäyttöautojen käyttömahdollisuuden. Tässä tapauksessa voidaan autopaikkojen vähimmäismäärästä vähentää 5 autopaikka yhtä yhteiskäyttöautoa kohti, yhteensä kuitenkin enintään 10 %. Rakennuslupaa hakiessa hakijan on osoitettava palvelun toimivuus kohteessa, muuten pysäköimispaikkoja ei voi vähentää tontin kokonaismäärästä. Jos yhteiskäyttöautojärjestelystä luovutaan, puuttuvat autopaikat on toteutettava. (Kaupunkisuunnittelulautakunta 31/2015)

Lähiöalueet ovat usein hyvin väljästi rakennettuja, jolloin lisä- ja täydennysrakentamisen tuomat pysäköintipaikkojen lisätarpeet ovat helposti toteutettavissa. Paikoituksen järjestäminen nykyisille tonteille ei välttämättä ole mahdollista asuinympäristöä huonontamatta. Lähiöiden käyttäjä- ja liiketoimintalähtöinen korjauskonsepti (KLIKK) -hankkeessa tutkittujen kuuden lähiöalueen uudelleenkaavoitusta tarkasteltaessa lisäpaikoitukselle mahdollisia toteutusmuotoja olisivat kadunvarsipysäköinnin käyttö, olemassa olevien katujen muuttaminen yleiseksi pysäköintialueiksi tai joutomaiden käyttö pysäköinnin järjestämiseen. (Soikkeli ym. 2015, s. 30)

Tehokkaammin rakennetuissa lähiöissä sekä kaupunkien keskustan läheisyydessä lisäautopaikkojen osoittaminen voi muodostua ongelmalliseksi ja joissain tapauksissa kortteliin sijoitettavien lisäautopaikkojen määrä ohjaa lisärakentamista. KLIKK-hankkeessa autopaikkojen lisätarpeen tarkastelu osoitti, että lisä- ja täydennysrakentamisen suunnittelu on jopa aloitettava autopaikkojen suunnittelusta.

Autopaikkojen suunnittelussa tulee tarkastella kuinka monta lisäautopaikkaa tontin, korttelin tai suurkorttelin alueelle on mahdollista sijoittaa asuinympäristöä heikentämättä. Osoitettavien lisäautopaikkojen lukumäärä antaa autopaikkavaatimuksen kautta suuntaa rakennettavalle lisäkerrosalalle. (Soikkeli ym. 2015, s. 30)

### **3.4 Rakennuksen LVIS**

#### **3.4.1 Ilmanvaihto**

Lisäkerrosten suunnittelussa on otettava huomioon alempien kerrosten ilmanvaihtohormien, viemäreiden ja savuhormien sijainnit, mikäli niiden on tarkoitus palvella myös lisäkerroksia. Tilaratkaisuissa, mikäli mahdollista, tulisi pyrkiä suunnittelemaan läpiviennit lähes samoille paikoille kuin olemassa olevissa kerroksissa vähentämällä putkistojen siirtoja lisäkerrosten alla. Tekniikkaa on kuitenkin mahdollista siirtää asuinkerrostalon ja lisäkerroksien välisessä välipohjassa jonkin verran. Siirtojen etäisyys riippuu välipohjan rakennetyypistä ja etenkin sen tyhjän tilan korkeudesta, etenkin viemäreitä siirrettäessä on otettava huomioon niiden kallistukset. Vanhan asuinkerrostalon painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä voi häiriintyä, mikäli ilmanvaihtohormi tai -putki ei jatku lineaarisesti rakennuksen katolle asti. Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä on vielä 1960-luvulla rakennetuissa kerrostaloissa harvinainen, mutta mahdollinen. (Soikkeli ym. 2015, s. 87)

1960- ja 1970-luvulla ilmanvaihtoa ja kanavien rakenteita koskevia ohjeita oli, mutta on vaikeaa arvioida, kuinka tarkasti esitettyjä ohjeita noudatettiin. Siksi korjausrakentamisessa ilmanvaihtoa tai kanavia koskevia toimenpiteitä tehdessä piirustukset ja työselitykset eivät ole luotettavia tietolähteitä vaan rakenne on syytä tarkistaa kohdekohtaisesti. Lisäksi ilmanvaihtokanavien tiiviysvaatimukset olivat heikot verrattuna nykyvaatimuksiin. (Mäkiö ym. 1994, s. 223)

Painovoimaisen ilmanvaihdon osalta muutostöitä vaikeuttaa se, ettei eri huoneistojen välisiä kanavia saanut yhdistää sekä kanavien on jatkuttava erillisinä katon harjan korkeuteen asti. Kanavien toiminnan osalta on myös tärkeää, että ne ovat luotuisuoria poikkipinnoiltaan suorina kanavia. Kanavien siirrot on tehtävä mahdollisimman pienin kulmin, enintään 45 asteen kulmassa. Toisin sanoen lisärakentamiskohteessa, jossa on painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä, tulee painovoimainen ilmanvaihtohormi jatkua rakennuksen uuden katon harjalle asti. (Mäkiö ym. 1994, s. 226)



Painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseen poistoon edellyttää rakennusaineisten hormien kunnostusta pinnoittamalla tai putkittamalla hormit ja venttiilien vaihtamista. Ilmanvaihto tehostuu ja mahdollistaa tuloilman tehokkaamman suodatuksen, mutta ei lämmön talteenottoa. Muutostyöt eivät vaadi mittavia muutoksia asunnoissa. (Neuvonen ym. 2006, s. 114)

Yhteiskanavajärjestelmien perusongelmiin, kuten lämmitysenergian tuhlaukseen, ei ole helppoa ratkaisua. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on edellytys poistoilman lämmöntalteenoton rakentaminen. Painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen nykyvaatimusten mukaiseksi koneelliseksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi on mittava toimenpide. Muutos edellyttää runsaasti muutostöitä asunnoissa sekä poisto- ja tulokanaville joudutaan etsimään uudet asennusreitit. (Neuvonen ym. 2006, s. 188)

### **3.4.2 Vaikutukset alueen LVIS-verkostoihin**

Alueelliset verkostot ovat rakennusajankohdan mitoitusperusteista ja nykypäivän kulutusmuutoksista sellaisia, että lisärakentaminen voidaan pääosin toteuttaa ilman verkostoihin tehtäviä muutoksia. Rakennuksen sähkönkulutuksen kasvu saattaa edellyttää kaapeloinnin uusimista tai lisäämistä. Verkostoja koskevat muutokset on kuitenkin tarkistettava tapauskohtaisesti. Esikaupunkialueilla talojen lämmönlähteenä on pääosin kauko- ja aluelämpö, joka on rakennettu alueelle samanaikaisesti rakennuskannan myötä. Suomalaiset kaukolämpöverkostot ovat investointeina suuria ja pitkäikäisiä, joten lisärakentamista ei kannata toteuttaa siten, että kaukolämpöverkoston kapasiteettia jouduttaisiin kasvattamaan. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, ss. 35, 37)

Suomessa kaukolämpöverkot on suunniteltu pääosin ennen 1970-luvun energiakriisiä, jolloin suunnittelulähtökohdat poikkesivat nykyisestä huomattavasti. Asuntojen ominaisenergian ja veden kulutus on pienentynyt sekä asumisväljyys kasvanut, joten verkostoihin on syntynyt ylimääräistä kapasiteettia. Tämän ansiosta alueellisen kaukolämpöverkoston laajentaminen ei ole tarpeen, ellei lämmönkulutus kasva lisärakentamisen johdosta enemmän kuin 20-30 %. Tilanteessa, jossa talolla tai taloryhmällä on oma lämmöntuotto esimerkiksi kattilalaitoksella, lämmitystehon riittävyys tulee tarkastella erikseen. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 36)

1960- ja 1970-luvulla rakennetut kunnalliset vesi- ja viemäriverkostot ovat mitoitettu huomattavasti nykyistä suuremmille virtaamille. Vuorokausikulutuksen mitoitusarvona

käytetty noin 200 l/asukas ei vastaa nykyistä kulutuksen määrää. Vedenkulutuksen kasvu on ollut huomattavasti ennakoitua hitaampaa ja vedenkulutus on jopa kääntynyt laskuun, joten verkostojen virtaamat ovat jopa ennemmin liian pieniä kuin liian suuria. Kunnalliset vesi- ja viemäriverkostot riittävät lisärakentamisen tuoman kapasiteetin lisäämiseen. Mikäli lisärakentaminen johtaa asukasmäärän ja vedenkulutuksen kasvamiseen yli 10 %:lla, vesi- ja viemäriverkostojen siirtokyky on tarkistettava paikallisen vesilaitoksen kanssa. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 36)

Lisärakentaminen ei aiheuta merkittäviä muutostarpeita sadevesiviemäroinnin suhteen, ellei rakennuksen kiinteistöjen piha-alueilla tehdä muutostöitä. Mikäli pihojen sadevettä imemättömien päällysteiden pinta-alaa kasvatetaan, pintavesien johtaminen ja maapinnan kallistukset sekä sadevesikaivojen määrä ja riittävyys on tarkistettava. Merkittävässä lisärakennustöissä, jossa maanpintaa muutetaan vettä imemättömäksi, on kunnallisten sadevesiviemärien riittävyys tarkastettava paikalliselta vesilaitokselta. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 36)

Alueellisissa sähkönsyöttöverkoissa on yleensä laajennusvara, mikä mahdollistaa noin 20-30 % tehon lisäyksen ilman verkostoon tehtäviä muutoksia. Yksittäinen tai muutamaa taloa koskeva lisärakentaminen ei todennäköisesti aiheuta muutostarpeita alueen sähkönsyöttöön. Sähkönsyötön muutostyöt sekä lisäyksen mahdollisuus on lisärakentamishankkeen valmistelutyössä varmistettava paikalliselta sähkölaitokselta. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 37)

### **3.4.3 Vaikutukset talon LVIS-järjestelmiin**

Rakennettavat lisäkerrokset lisäävät rakennuksen lämmitettäviä huonetiloja ja asukasluku kasvaa, myös tarvittava lämmitysteho nousee, jolloin lämpökeskuksen tehoa on lisättävä vastaamaan kasvanutta tehontarvetta. Tehon lisäys on tapauskohtainen ja se riippuu asukasmäärän kasvusta, uusien lämmitettävien tilojen määrästä sekä lisätilan ulkovaipan lämmöneristävyydestä ja ilmanvaihtoratkaisuista. Lisäkerroksissa lämpötehontarpeen kasvamista voidaan rajoittaa valitsemalla lisäkerrokseen hyvin lämpöä eristävät ulkoseinät, yläpohja ja ikkunat. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 37)

Lisärakentamisen lisälämmönkulutus jää pieneksi, mikäli lisäkerroksien ulkovaippa rakennetaan hyvin lämpöä eristäväksi ja ilmanvaihtoon rakennetaan lämmöntalteenotto kaikkien huoneistojen poistoilmasta. Talon poistoilman lämmöntalteenotolla energia

voidaan käyttää joko lisäkerroksen tuloilman esilämmitykseen, jos lisäkerrokseen rakennetaan tulo- ja poistoilmanvaihto tai käyttöveden esilämmitykseen. Koko rakennuksen energiankulutukseen vaikuttaa myös se, että rakennuksen yläpohja uusitaan lisäkerrosrakentamisen yhteydessä. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 37)

Rakennettavien lisäkerroksien sähkönsyöttö järjestetään joko laajentamalla vanhaa sähkökeskusta tai asentamalla uusi keskus. Vanhan keskuksen laajentaminen on mahdollista, jos uusia huoneistoja rakennetaan vain muutama. Lisäkerrosmäärien ollessa suurempia, rakennetaan uusi alakeskus. Sähkökaapelointi lisäkerrokseen voidaan esimerkiksi viedä porrashuoneeseen rakennettavassa kotelossa. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 38)

Lisäkerroksen lämmitysverkosto voidaan tuoda porrashuoneeseen koteloitavana yhtenä tai porraskohtaisena nousuputkistona, jolloin vaakalinjat viedään joko uudessa välipohjarakenteessa tai katon koteloinneissa. Vanhat nousuputket voidaan myös jatkaa ylimmän kerroksen läpi uuteen kerrokseen. Vanhojen nousuputkien jatkaminen edellyttää rakennus- ja putkistotöiden tekemistä vanhoissa asunnoissa, joten erillinen uusi nousuputkisto minimoi asunnoissa tehtävien muutostöiden määrää. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 40)

Lisäkerroksen vesi- ja viemärijärjestelmän toimivuuden ratkaisee ovatko ylimmät asunnot käytössä lisärakentamisen aikana sekä olemassa olevien putkistojen uusimistarve. Mikäli putkistot uusitaan lisärakentamisen yhteydessä, uudet putkistot voidaan viedä lisäkerrokseen vanhoissa pystylinjoissa. Yleensä yli 30 vuotta vanhan talon vesi- ja viemäriputket tulee uusia lisärakentamishankkeen yhteydessä, jotta suurilta korjauksilta välttyttäisiin tulevaisuudessa. Putkistojen vaakavedot tehdään lisäkerroksen ja kerrostalon välisessä välipohjarakenteessa. Putkistotöiden kannalta on etua, mikäli märkätilat sijoitetaan lisäkerroksissa putkinousujen läheisyyteen. (Mattila ja Peuhkurinen 1999, s. 41)

### **3.5 Porraskäytävä ja hissi**

Porraskäytävän tai hissin rakentaminen rakennuksen rungon ulkopuolelle vastaa uudisrakentamista. Rakennusluvan yhteydessä täytyy huomioida kaavalliset kysymykset, kuten rakennusalan ylitys, kiinteistörajat, asemakaava. Rakennuksen rungon ulkopuoliset

rakenteet muuttavat rakennuksen ulkonäköä, jolloin rakennusluvassa joudutaan ottamaan kantaa ulkopuolisen osan vaikutuksesta kaupunkikuvaan. (Soikkeli ym. 2015, s. 114)

Kerrostalon elinkaaren aikana hissien tarve tulee vastaan jossakin vaiheessa, jos tavoitteena on laadukas asuinrakennus myös tulevaisuudessa. Hissien rakentaminen on kiinteistön kehittämiseen liittyvä hanke. Hissien rakentamisella parannetaan asumisen laatua, talon arvostusta, kiinteistön arvon säilymistä ja talon ajanmukaisuutta. (Rahtola ym. 2005, s. 62)

Taloyhtiön korjaushankkeiden rahoituksen järjestelyyn voi kytkeytyä lisäkerrosten rakentamiseen, jolloin porrashuoneeseen joka tapauksessa joudutaan tekemään muutostöitä. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) sekä useat kunnat myöntävät rahoituksia taloyhtiöille hissien suunnitteluun ja rakentamiseen, tavoitteena kannustaa asuinkerrostalojen esteettömyyteen. Toisaalta lisäkerrosten rakentamisen yhteydessä kerrosluvun noustessa yli kolmen, hissien rakentaminen on edellytys. (Soikkeli ym. 2015, s. 110)

Hissien rakentaminen vanhaan kerrostaloon on mahdollista eikä rakenneteknisiä esteitä yleensä ole. Hissien rakentaminen aiheuttaa rakenneteknisiä toimenpiteitä, sillä sitä varten on rakennettava omat perustukset sekä tuenta ja liitos vanhaan rakenteeseen. Siirtopalkiston vuoksi rakennuksen vanhan osan ja lisäkerroksen välipohjarakenteesta voi tulla korkea, mikä täytyy ottaa huomioon porrashuoneen ja hissien osalta (Soikkeli ym. 2015, s. 87). Toteutuksen puolesta suurin kysymys on mihin hissi sijoitetaan vanhassa porrashuoneessa vai rakennetaanko hissiä varten erillinen hissikuilu rakennuksen ulkopuolelle. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 40)

Hissien sijoittaminen porrashuoneeseen voi monessa tapauksessa olla ongelmallinen etenkin tilan puutteen kannalta. Taloissa, joissa porrashuoneessa on valokuilu, johon hissien asentaminen olisi mahdollista joudutaan usein joko kaventamaan portaita tai muuttamaan portaiden mallia. Porrashuoneeseen sijoitettu hissi on usein rakennuskustannuksiltaan edullinen vaihtoehto, koska lisärakentamisen määrä on tällöin vähäistä. (Soikkeli ym. 2015, s. 112)

Sijoittamalla hissi rakennuksen rungon ulkopuolelle ei porraskäytävää tai porrassyöksyjä tarvitse kaventaa sekä hissikuilun vaatimat ylä- ja alatilat on helpompi toteuttaa. Rakennuksen rungon ulkopuolelle voidaan sijoittaa myös suurempi hissi kuin vanhaan

porraskäytävään, mikä parantaa hissin käytettävyyttä. Hissin sijoittaminen rakennuksen rungon ulkopuolelle on edullisinta tilanteessa, jossa kerrostasanne sijaitsee ulkoseinää vasten. (Soikkeli ym. 2015, s. 113)

Kaksivartiset portaikot ovat yleisiä lähiöiden kerrostaloissa ja porrashuoneen leveys määrittelee hissin rakentamisen mahdollisuuden porrashuoneen yhteyteen. Hissin sijoittaminen porrashuoneeseen johtaa yleensä tilan salliessa portaiden kaventamiseen tai toisen portaan sijoittamisen rakennuksen ulkopuolelle. Rakennuksen ulkopuolelle sijoitettava porrashuone voidaan rakentaa kevytrakenteisena eikä se silloin vaadi omia perustuksia. Rungon ulkopuolisille perustuksille rakennettu porrashuone voidaan rakentaa betonielementeistä. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 40)

Kaksivartiseen porrashuoneeseen verrattuna kierreporrashuoneeseen sijoitettu hissi vaatii enemmän rakenneteknisiä toimenpiteitä. Kierreportaan kaventaminen ei välttämättä ole mahdollista kierteen ollessa usein ennestään jyrkkä. Hissin rakentamisen vaihtoehtoina ovat hissin sijoittaminen porrashuoneen ulkopuolelle tai kierreportaan korvaaminen muulla porrasjärjestelmällä hissin yhteyteen. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 41)

Lukkarinen ym. (2011, s. 42) mukaan lisäkerrosrakentamishankkeessa hissien rakennuskustannukset syövät nettohyötyä taloyhtiölle siten, ettei yhden lisäkerroksen rakentaminen ole kannattavaa kuin edullisissa pysäköintiratkaisuissa. Tällöinkin taloyhtiön nettohyödyn suuruus jää alle 500 000 € taloyhtiön omistamalla tontilla. Tilanteessa, jossa hissi pystytään helposti lisäämään tai vanhassa rakennuksessa on jo hissi, nousee yhdenkin lisäkerroksen rakentaminen useimmissa tapauksissa kannattavaksi. (Lukkarinen ym. 2011, s. 42)

### **3.6 Lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksien selvittäminen**

Usein lähiöuudistushankkeiden lähtökohtana on ollut esikaupunkialueiden olemassa olevan rakennuskannan korjaaminen. Yksi mahdollisuus vaikuttaa esikaupunkialueiden kehitykseen on lisäämällä asukaslukua lisä- ja täydennysrakentamisella. Tekesin rahoittamassa tutkimuksessa, jossa tuodaan esille lisäkerrosrakentamisen rakenneteknisiä mahdollisuuksia ja rajoituksia. Loppuraportti käsittelee esikaupunkialueiden asuinkerrostalojen laajentamista lisäkerroksin ja maanpäällisen kellarikerroksen käyttötarkoituksen muutosta. Tutkimuksen rakennetekninen osuus on tuottanut

materiaalia, jonka perusteella lisärakentamisen kustannuksia voidaan arvioida riittävällä tarkkuudella. Tutkimuksen rakennetekninen osuus rajaa jo hankkeen alkuvaiheessa rakenneteknisesti kannattamattomat tai mahdottomat vaihtoehdot tarkastelun ulkopuolelle. Lisärakentamisen kannalta on tärkeää tunnistaa rakenneteknisiä tekijöitä, jotka vaikeuttavat tai helpottavat lisärakentamismahdollisuuksia. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 1, 21)

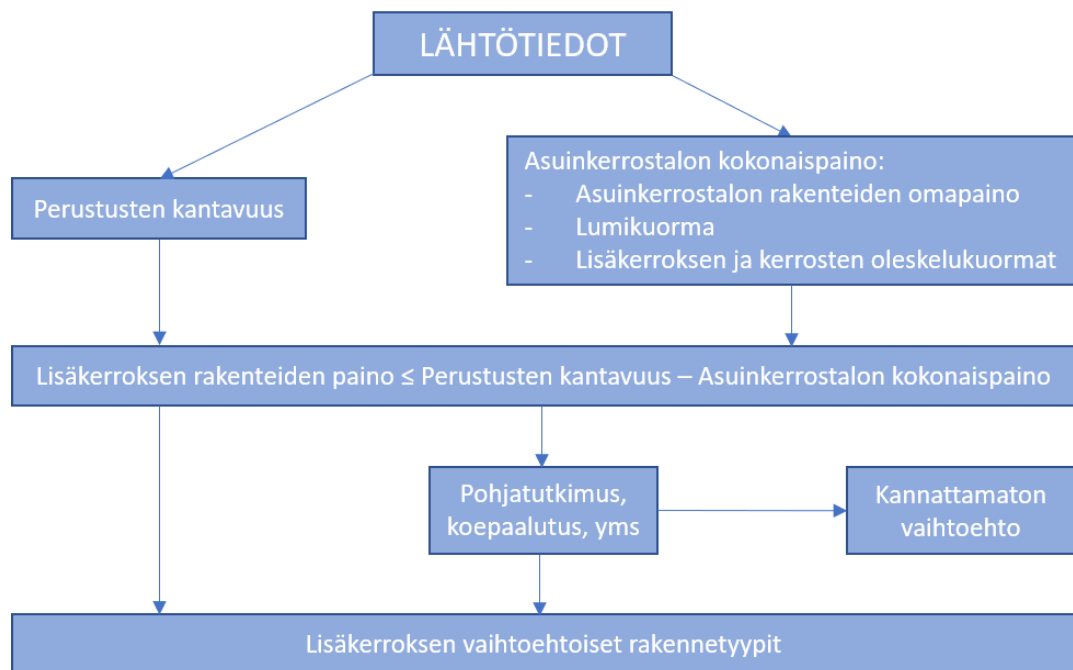
Lisärakentamishankkeen edellytyksenä on arvioida rakenteiden kantavuutta sekä tutkia rakennuksen paloturvallisuutta ja ääneneristävyyttä. Lisärakentamisen mahdollisuudet ovat tiukasti sidoksissa olemassa olevan rakennuksen rakenteiden kantavuuteen ja erityisesti perustusten kantavuuteen. On tärkeää, että jo hankkeen alkuvaiheessa selvitetään alustavasti rakenteiden kantavuus ja huomioidaan, mikäli rakenteet vaativat kohtuuttomia kustannuksia tuottavia vahvistuksia. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 21)

Lisäkerrosten rakentamisen mahdollisuus riippuu olemassa olevien rakenteiden kantavuudesta ja niitä rasittavista kuormista. Tavoitteena on pyrkiä säilyttämään vanhat rakenteet ennallaan sekä selvittämään rakennuksen kantavuus ja kuormat yksinkertaisella tavalla. Lisärakentamista voidaan pitää mahdollisena, mikäli rakenteilla on selvästi enemmän kantavuutta kuin kuormituksia. Jos kuormitukset ja kantavuus ovat yhtä suuria, lisäkerrosten rakentamisen mahdollisuudet ovat heikommat. Taulukossa 4 on koottuna asuinkerrostalon rakenteiden ja rakennuspaikan perustietoihin liittyviä tekijöitä, jotka vaikuttavat lisäkerroksen rakentamisen mahdollisuuksiin. Taulukossa mainittuja seikkoja voidaan käyttää kerrostalon korottamisen alustavaan arviointiin. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 24)

Taulukko 4. Lisäkerrosrakentamiseen vaikuttavia tekijöitä (mukaiillen Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 24).

Rakennetekniset tekijät, jotka vaikuttavat lisäkerrosrakentamiseen	
Heikentävästi	Edistävästi
Maan sallittu pohjapaine on pieni	Maan sallittu pohjapaine on suuri
Seinäantura perustus	Teräsbetonitukipaalu perustus
Raudoittamattomat maanvaraiset anturat	Raudoitetut maanvaraiset anturat
Suuri kerroslukumäärä	Pieni kerroslukumäärä
Kevyet vesikattorakenteet	Raskaat vesikattorakenteet
Ohut yläpohjalaatta	Paksu yläpohjalaatta

Kuvassa 6 on koottuna lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksien rakenteellisen esiselvityksen menettely. Asuinkerrostalon seinärakenteet ovat välipohjan tuennan, paloturvallisuuden sekä ääneneristyksen takia paksumpia kuin pelkkä kantavuus edellyttää, joten mitoittavana tekijänä voidaan pitää rakennuksen perustuksia. Asuinkerrostalon kokonaispainolla tarkoitetaan rakenteiden oman painon lisäksi rakennuksen kaikkia hyötykuormia. Kokonaispainoa verrataan perustusten kantavuuteen, josta saadaan selville lisäkerroksen rakenteiden suurin mahdollinen lisäkuormitus. (Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 24)



Kuva 6. Lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksien rakenteellinen selvitysprosessi (mukaillen Kylliäinen ja Keronen 1999, s. 23).

### 3.7 Paloturvallisuus

Suomen ympäristöministeriön asetuksessa (848/2017), määritellään rakennusosille ja rakennuksessa käytettäville rakennustarvikkeille palotekniset ominaisuudet rakennuksen paloluokan mukaan. Rakennukset jaetaan neljään eri paloluokkaan P0, P1, P2 ja P3. Rakennuksen eri osat voivat kuulua eri paloluokkiin, jolloin palon eteneminen on estettävä osasta toiseen palomuurilla. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään rakennuksissa, jotka suunnitellaan ympäristöministeriön asetuksen mukaisten luokkien ja lukuarvojen mukaisesti. Paloluokkaa P0 käytetään rakennuksissa, jotka suunnitellaan kokonaan tai

oleellisin osin käyttäen oletettuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä. Paloluokan P0 eli toiminnallinen palomitoitus edellyttää kolmannen osapuolen simuloitua palonkehittymistarkastelua ja tästä syystä hyvin kallis käytettäväksi. (Ympäristöministeriön asetus 2017/848, s. 3)

Paloluokkaan P1 kuuluva asuinkerrostalo oletetaan yleensä kestävänsä sortumatta, vaikka sen sisältämä palokuorma palaa loppuun. Rakenteiden mitoitukseen vaikuttaa palokuorman tiheys, mutta rakennuksen henkilömäärää, kerrosalaa tai korkeutta ei ole rajattu. Palotekniset vaatimukset kuitenkin kasvavat korkeuden ja käyttötavan riskialttiuden myötä. (Jantunen 2017, s. 9)

Paloluokan P2 rakennukset ovat yleensä 1-2-kerroksisia, asuin- ja toimistorakennukset voivat olla 3-8-kerroksisia. P2-luokan erityispiirteenä on tiukat vaatimukset rakennuksen sisäpuolisille pinnoille. Riittävän turvallisuustason varmistamiseksi käytetään paloteknisesti hyviä pintamateriaaleja sekä paloturvallisuutta parantavia laitteita. Paloluokan P2 asunrakennuksen henkilömäärä ja käyttötapa on myös rajoitettu. (Jantunen 2017, s. 9)

Paloluokkaan P1 kuuluvaan asuinkerrostaloon voidaan rakentaa enintään yksi lisäkerros ilman automaattista sammutusjärjestelmää. Puurakenteisia lisäkerroksia voidaan rakentaa päällekkäin enintään kaksi kerrosta. Rakennettaessa kaksi puurakenteista lisäkerrosta, tulee lisäkerrokset sekä ylin alkuperäisen rakennuksen kerros palosuojata automaattisella sammutusjärjestelmällä. Yhteenlaskettu enimmäiskorkeus lisäkerrokset mukaan laskettuna ei saa ylittää 28 m. Porrashuoneen rakenteet ja portaat lisäkerroksessa tulee tehdä A2-s1, do-luokan rakennustarvikkeista. Taulukossa 5 on koottuna P1-paloluokan kahden kerroksen korotuksen paloteknisiä vaatimuksia. (Lahtela 2018, s. 72)



Taulukko 5. Kahden kerroksen korotuksen paloteknisiä vaatimuksia (mukaillen Lahtela 2018, liite 1).

Puurunkoiset lisäkerrokset	Käyttötarkoitus	Kerros määrä	Henkilömäärä
<b>Paloluokka P1</b>	<b>Asunto</b>	<b>6+2</b>	<b>Ei rajoitettu</b>
Laajuus			Vaatimus
Lisäkerrosten määrä			2 kpl
Maksimikorkeus			$\leq 28$ m
Kerrosala			Ei rajoitettu
Palo-osastot kerroksissa			Huoneistoittain
Palo-osastot koko ullakolla			$\leq 1600$ m <sup>2</sup>
Ullakon/yläpohjan ontelon palo-osaston jako osiin			Osan koko $\leq 400$ m <sup>2</sup>
Aktiivinen suojaus			Vaatimus
Sprinklaus			Kolme ylintä kerrosta
Sähköverkkoon kytketty palovaroitin			Asunnossa
Rakennusosien luokat			Vaatimus
Lämmöneristeet ja onteloiden täytteet puurungossa			A2-s1, d0
Kantavat ja jäykistävät rakennusosat kerroksissa			R 60
Osastoivat rakennusosat kerroksissa			REI 60
Kantavat ja jäykistävät rakennusosat uloskäytävässä			R 60
Osastoivat rakennusosat uloskäytävässä			EI 60
Porrastasanteet ja -syöksyt			R 30
Osastoivat rakennusosat ullakolla/yläpohjan ontelossa			REI 30
Osiin jakavat rakennusosat ullakolla/yläpohjan ja alapohjan onteloissa			REI 15
Osastoiva rakennusosa ullakon/yläpohjan ontelon ja kerroksen välillä			REI 60
Pintaluokat			Vaatimus
Seinä- ja kattopinnat kerroksessa			D-s2, d2
Seinä- ja kattopinnat saunassa ja kylpyhuoneessa			D-s2, d2
Lattiapinnat kerroksissa, saunassa ja kylpyhuoneessa			-
Ulkoverhouksen ulkopinta			B-s2, d0
Tuuletetun ulkoverhouksen taustapinta (tuuletusvälin ulkopinta)			B-s2, d0
Ulkoverhouksen kiinnityskoolaus			D-s2, d2

Ulkoerhousken tuulensuojan/lämmöneristeen ulkopinta (tuuletusvälin sisäpinta)	A2-s1, d0
Vesikatteen ulkopinta	B <sub>ROOF(t2)</sub>
Seinä- ja kattopinnat uloskäytävässä	A2-s1, d0
Lattiapinnat, porrastasanteet ja portaiden yläpinnat uloskäytävässä	D <sub>FL</sub> -s1
Suojaverhous puurungossa	Vaatimus
Sisäpuoliset seinä- ja kattopinnat kerroksessa	K <sub>2</sub> 30, A2-s1, d0
Lattiapinnat kerroksessa	K <sub>2</sub> 30, A2-s1, d0
Varatienä toimiva parveke	Vaatimus
Kantavat rakennusosat	R 30
Lasittamattoman parvekkeen osastoitavuus	E 0
Lasitetun parvekkeen toisesta parvekkeesta erottava seinä	REI 15
Lasitetun parvekkeen laatan osastoitavuus	EI 30
Lasitetun parvekkeen tiivistyksien osastoitavuus	EI 15
Seinä- ja kattopinnat	B-s2, d0
Lattipinnat	-
Parvekkeen kantavan rungon pilarit ja palkit	B-s2, d0

Lisärakentamisen osalta sovelletaan Ympäristöministeriön asetusta (848/2017) noudatetaan rakennusten paloturvallisuudesta niiltä osin kuin se on mahdollista. Lisäkerrosrakentamisessa sovelletaan asetuksen asettamia vaatimuksia ja rakentaminen vastaa uudisrakentamista. Vanhan talon ominaisuudet täytyy kuitenkin ottaa huomioon, mutta rakennusmateriaalit voidaan yleensä säilyttää, jos muutostyö ei edellytä muutoksia vanhoille rakenteille. (Laaksonen ja Kräkin 2018)

### 3.7.1 Suojaverhous

Rakennusosan pinta, joka suojaa alustansa syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta määrätyn ajan, kutsutaan suojaverhoukseksi. Suojaverhouksen tarkoituksena on rajoittaa palon kehittymistä rakennusosissa, jotka vaaraa aiheuttavasti osallistuvat paloon. Euroopassa käytössä olevista neljästä suojaverhousluokasta on Suomessa käytössä suojaverhousluokat K<sub>2</sub> 10 ja K<sub>2</sub> 30. Suojaverhousluokkien alaindeksi viittaa suojaverhouksella suojattavaan rakennusmateriaaliin. Suomessa käytettävissä

olevissa suojaverhousluokituksissa käytettävä alaindeksi 2 tarkoittaa, että suojaverhous voidaan käyttää riippumatta alustan tyypistä tai tiheydestä. Muita asetettuja vaatimuksia suojaverhousluokkien lisäksi ovat suojaverhouksessa käytettävien rakennustarvikkeiden luokille. Suojaverhousajan sisällä ei suojaverhousmateriaalissa saa esiintyä halkeamia tai sellaisia vaurioita, joiden kautta palo pääsee vaurioittamaan suojattavaa rakennusosaa. Suojaverhousluokka määritellään standardiin EN 14135 mukaisella testausmenetelmällä, eikä mitoitukseen ole olemassa laskentamenetelmää. (Lahtela 2018, s. 35)

### 3.7.2 Rakennustarvikkeiden luokitus

Rakennustarvikkeiden luokituksella tarkastellaan eri materiaalien syttymisherkkyyttä, savun ja palavien pisaroiden tuottoa sekä palon leviämiseen liittyviä ominaisuuksia. Rakennustarvikkeiden luokkajakoa perustellaan niiden paloon osallistumisen perusteella. Rakennustarvikkeiden luokkamerkintöjen selitykset ovat esitetty taulukossa 6. Esimerkiksi A1-luokan rakennustarvike on yksiaineinen palamaton tuote. A2-s1, d0-luokan tuotteet koostuvat yleensä useammasta kuin yhdestä osa-aineesta sekä eri osa-aineille on asetettu vaatimuksia. Muihin kuin luokkiin kuin A1 sekä A2 kuuluvat rakennustarvikkeet voivat olla joko yksiaineisia tai osa-aineisia, mutta osa-aineille ei ole asetettu näissä luokissa erillisiä vaatimuksia eikä niitä ilmoiteta suoritustasoilmoituksessa. (Lahtela 2018, s. 24)

Taulukko 6. Rakennustarvikkeiden luokkamerkinnän muodostuminen yleisesti (mukaillen Lahtela 2018, s. 24).

Osallistuminen paloon		Savun tuotto		Palavien pisaroiden ja osien tuotto	
Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä
Ei osallistu paloon	A1	Erittäin vähäinen	s1	Ei esiinny	d0
Osallistuu erittäin rajoitetusti	A2	Vähäinen	s2	Nopeasti sammuvia esiintyy	d1
Osallistuu hyvin rajoitetusti	B	Muu kuin s1 tai s2	s3	Muu kuin d0 tai d1	d2
Osallistuu rajoitetusti	C				
Osallistuminen hyväksyttävää	D				
Käyttäytyminen hyväksyttävää	E				
Käyttäytymistä ei ole määritetty	F				

Esimerkiksi lämpöeristeiden ja onteloiden täytteille puurungossa on asetettu eristeen luokitukselle vaatimus A2-s1, d0- luokan eristemateriaaleista. Tämä voidaan selventää yllä olevan taulukon perusteella. Materiaalit osallistuvat paloon erittäin rajoitetusti, tuottavat savua erittäin vähän ja eivät tuota palavia pisaroita tai osia. Merkintää A2 vastaavia eristemateriaaleja ovat palamattomat eristemateriaalit kuten kivivilla tai lasivilla. A2 luokituksen vaatimukset täyttävät myös kaikki A1 luokituksen eristemateriaalit.

## **4 LISÄKERROSRAKENTAMINEN SUOMESSA JA MAAILMALLA**

### **4.1 Lisäkerrosrakentaminen Suomessa**

Korjausrakentaminen on tuotantotavoiltaan ollut perinteisesti hyvin käsityövoittoista ja suurin osa töistä tehdään käsin paikan päällä. Tämä vaikuttaa negatiivisesti korjausrakentamisen nopeuteen ja tuottavuuteen. Eri työvaiheiden välissä on odotusaikoja ja yllättäviä katkoksia ammattikuntajaosta johtuen. Uudisrakentamisessa ja korjausrakentamisessa on monesti käytössä samoja tuotteita ja ratkaisuita, kun korjausrakentaminen vaatisi kohteen tai hankkeen mukaan soveltuvia komponenteista rakentuvia tai räätälöitävissä olevia rakennustuotteita. (Junnonen ja Lindstedt 2011, s. 7)

Lisäkerrosrakentaminen on Suomessa ollut vielä vähäistä, mutta joitain kohteita on toteutettu. Lisäkerrokset ovat yleensä toteutettu paikalla rakentaen puusta, suurelementeistä, teräsbetonirakenteista tai teräsrakenteista. Yleisenä yhdistelmänä on teräsarina, jonka päälle lisäkerrokset rakennetaan suurelementeistä tai paikalla rakentaen puutavarasta. Tilaelementeillä toteutettuja lisäkerrosrakentamisen kohteita ei ole tullut vastaan tutkimustyön aikana, joten vertailukelpoisia esimerkkikohteita ei ole.

Puurakenteisten lisäkerrosten rakentaminen vanhoihin betonirunkoisiin taloihin on herättänyt viime aikoina valtavasti kiinnostusta Koskisen taloteollisuuden projektimyyntipäällikkö Vesa Saaralaisen mukaan. Lisäkerrosrakentaminen kannattaa toteuttaa yhtä aikaa suuremman remonttihankkeen kanssa, jolloin kokonaiskustannukset jäävät pienemmiksi. Saaralaisen mukaan kahdella kerroksella asuinkerrostalon korottaminen vielä kustannustehokkaampaa. (Koskisen uutissivusto 2015)

#### **4.1.1 Laajasalo, Helsinki**

Kiinteistöosakeyhtiö Helsingin Laajasalossa, Reiherintie 9 – Kasperinkuja 15 – Rudolfintie 10, koostuu neljästä kuusikerroksisesta ja seitsemästä kolmikerroksisesta rakennuksesta. Kohteet on rakennettu 1970-luvun elementtirakentamisen aikana ja kohteen asunnot ovat kaupungin vuokra-asuntoja. Lisärakentamishanke käynnistyi vuonna 1998 ja kaavamuutos astui lainvoimaiseksi 2004, jonka jälkeen rakennustyöt aloitettiin. Kohteessa lisärakentaminen nähtiin keinona rahoittaa suuria peruskorjauksia

sekä mahdollisuutena tiivistää yhdyskuntarakennetta ja parantaa alueen visuaalista ilmettä. Kohteen lisäkerros esitetty kuvassa 7. (Lukkarinen ym. 2011, s. 14)

Laajasalon kohteessa aikataulu koki ikäviä viivästymisiä johtuen asukkaiden vastustuksesta ja jopa ennen rakentamisen alkamista rakennuksen tyhjentämisestä oli koitunut ongelmia. Lisäkerrosrakentamisen yhteydessä tehtiin kohteeseen laaja-alaisia korjaustoimenpiteitä, jolloin asuminen korjaustöiden aikana ei ollut mahdollista. Asumisen laatu ja asumismukavuus kerrostaloissa parani korjaustöiden jälkeen kokonaisuutena. (Männistö 2019)



Kuva 7. Lisäkerros Helsingin Laajasalossa (Arkkitehtitoimisto Tiuri & Lommi Oy 2011).

Lisärakentaminen on toteutettu rakentamalla lisäkerrokset kolmikerroksisiin kerrostaloihin sekä rakentamalla alueelle kaksi uudiskerrostaloa. Uusia asuntoja lisäkerrokseen valmistui yhteensä 54 kappaletta, kerrosala kasvoi lisäkerrosten osalta 4636 ke-m<sup>2</sup> sekä lisäpysäköintiä vaadittiin 43 autopaikan verran. Lisäkerroksen kantavat rakenteet on toteutettu teräsrakenteisilla pilari- ja palkkirakenteilla sekä ulkoseinät termorangalla paikalla rakentaen. Lisäkerroksen asuntoihin on asennettu koneellinen

tulo- ja poistoilmajärjestelmä sekä lämmön talteenottojärjestelmä. (Lukkarinen ym. 2011, s. 15)

Laajasalon kohde on perustettu kallion varaan, jolloin maapohjan kantavuus nähtiin riittävänä ja perustusten osalta on tarkastettu ainoastaan niiden rakenteellinen kantavuus. Massiivibetonilaattaa vahvistettiin teräsbetonisilla palkeilla, mikä korotti rakennetta noin 500 mm. Korotettuun tyhjään tilaan on sijoitettu LVI-tekniikkaa ja päälle on asennettu lattiarakenne teräspalkkikannatuksella. Lisäkerroksen tilaratkaisut ja kantavat seinälinjat eivät mukaile alkuperäisen rakennuksen julkisivua. Välitilan teräspalkisto ja vahvistettu betonirakenne siirtää lisäkerroksen kuormitukset vanhan asuinkerrostalon kantaville seinälinjoille. (Nordberg 2013, s. 22)

Luoma-Halkolan diplomityössä (2013), teemahaastattelussa käsiteltiin yläpohjan massiivilaatan kuormituskestävyyttä. Helsingin Laajasalon lisäkerrosrakentamiskohteen rakennesuunnittelija Teemu Männistön mukaan 60-luvulla valetun massiivilaatan raudoitukset ovat kyseenalaisia. Kohteen massiivilaatalle tehtyjen tutkimusten perusteella oli todettu, ettei vanhan 180 mm rakennevahvuudellisen laatan varaan uskalla asettaa lisäkerroksien kuormituksia. Kohteessa vanhan asuinrakennuksen yläpohjan päälle rakennettu asennuslattia siirtää kuormitukset kantaville pystyrakenteille. Männistön mukaan lähtökohtaisesti kuormat on erotettava paikalla valetusta vanhasta yläpohjalaatastosta. (Luoma-Halkola 2013, s. 42; Männistö 2013)

Kohteen vanhojen rakennesuunnitelmien ja toteutuksen välillä oli huomattavissa eroavaisuuksia. Betonirakenteiden raudoitukset saattoivat olla joko erittäin tarkasti tehty tai sitten raudoitteiden määrässä oli poikkeavuuksia alkuperäisistä suunnitelmista. Laajasalon kohteissa teräsbetoniset porrashuoneet ja hissikuilut jatkettiin lisäkerroksille ja rappukäytävissä, joista puuttui hissi, rakennettiin uusi hissi rakennusrungon ulkopuolelle. (Männistö 2019)

#### **4.1.2 Munkkiniemi, Helsinki**

Helsingin Munkkiniemessä sijaitsevaan, vuonna 1959 valmistuneeseen As Oy Rakuunantie, 5-kerroksiseen asuinkerrostaloon rakennettu lisäkerros, joka sisältää 6 lisäasuntoa. Kohteen lisäkerros on esitetty kuvassa 8. Rakennus on kallion varaan perustettu betoniseinärunkoinen asuinkerrostalo, jonka päädyissä on käytetty myös betonipilareita ja palkkeja. Rakennus on niin sanotusti sekarunkoinen, eikä vastaa 1960-



ja 1970-luvun kirjahyllyrunkoa. Rakennuksen lyhyiden sivujen seinät sekä pitkien sivujen julkisivut ovat kantavia. Rakennuksen kantaville julkisivurakenteille ei ole kuitenkaan asetettu kuormituksia lisäkerroksen sisennyksen vuoksi. Kohteessa lisäkerroksen kuormitukset ollaan tuettu kantaville väliseinärakenteille sekä rakennuksen päädyn betonipilareille. (Luoma-Halkola 2013, s. 58)



Kuva 8. Lisäkerros Helsingin Munkkiniemessä (Tuomas Uusiheimo 2015).

Luoma-Halkolan diplomityössä (2013), olemassa olevien kantavien väliseinien kuormituskapasiteettia on käsitelty Stora Enson CLT-tilaelementti ratkaisun kuormitustapauksessa. Rakennevahvuudeltaan 180 mm raudoittamattoman lujuusluokan C25/30 betoniseinän kantokyky, ottaen huomioon 20 mm epäkeskisyys ja materiaaliosavarmuuskertoimella 1,5, on noin 1000 kN/m. Olemassa olevan asuinkerrostalon kuormitus eurokoodin mukaisella rankalla kuormitusyhdistelmällä on arvioitu olevan noin 400 kN/m sekä CLT-tilaelementtiratkaisun, lisäkerroksen hyötykuorman ja lumikuorman lisäkuormitus on arvioitu olevan noin 52,5 kN/m. Täten arvioitun alimman kerroksen kantavan betoniseinän kuormituskapasiteetti kestää lisäkerroksen kuormitukset helposti. (Luoma-Halkola 2013, s. 61)



Luoma-Halkolan (2013) kokonaiskuormituskapasiteettilaskelma soveltuu lisäkerroksen kuormitusten arvioimisessa. Laskennassa ei kuitenkaan ole otettu huomioon asuinkerrostalon yläpohjarakenteeseen tulevien kannatuspalkkien pistemäisiä kuormituksia. Kuormitusten jakaantuminen on todellisuudessa hieman erilainen ylemmän kerroksen kantavien seinien osalta, mutta betonirakenteisen seinän kuormitukset jakautuvat kuitenkin suhteellisen tasaiseksi alempien kerrosten osalta.

Kohteen vuonna 1950 vahvistettu asemakaava puolsi lisäkerrosrakentamishankkeen toteutuskelpoisuutta. Olemassa olevan asuinkerrostalon rakennusoikeus on ylitetty 71 ke-m<sup>2</sup>, mutta se ei ole ollut esteenä lisäkerrokselle. Rakennusajan vähäisestä autokannasta johtuen kaava ei ole sisältänyt autopaikkamääräyksiä. Kohteessa on lisäkerrosrakentamisen yhteydessä toteutettu kaupunkisuunnittelulautakunnan autopaikkamäärien laskentaohjeen mukainen määräys 1 ap / 125 ke-m<sup>2</sup>. Autopaikkojen sijoitus tontille on onnistunut sekä hankkeessa on otettu huomioon yhteistilaraajat ja polkupyörien säilytystilat. (Luoma-Halkola 2013, s. 59)

Kohteeseen perehtyneen LVI-suunnittelijan Jussi Jaakolan mukaan vanhassa asuinkerrostalossa oli painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. Lisäkerroksen ilmanvaihtojärjestelmää ei ole Jaakolan mukaan liitetty vanhaan painovoimaiseen ilmanvaihtojärjestelmään, vaan lisäkerrokselle on rakennettu huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla. Painovoimaisen ilmanvaihdon hormit jatkettiin suunnitelmien mukaan katolle asti sekä hormien sijainnit ja mitat on otettava huomioon lisäkerroksen rakentamisen aikana. (Luoma-Halkola 2013, s. 64)

#### **4.1.3 Paavola, Hyvinkää**

Hyvinkään Paavolassa sijaitseva perinteinen 1970-luvulla rakennettu betonikerrostalo Hakapaavo koki kokonaisvaltaisen kasvojen kohotuksen sekä kohteeseen rakennettiin lisäkerros sekä ilmanvaihtokonehuone. Hyvinkään Vuokra-asuntojen omistamaan kerrostaloon haluttiin sekä lisätä halutun kokoisia vuokra-asuntoja lisäkerrosrakentamisen avulla että toteuttaa mittavia peruskorjauksia. Lisäkerrokseen, joka rakennettiin Koskisen valmistamilla puurakenteisilla suurelementeillä, valmistui 14 uutta asuntoa. (Koskisen 2015)

Hakapaavon asuinkerrostalo on hyvin tyypillinen 1970-luvun betonirakenteinen asuinkerrostalo, jonka runkotyyppi on kirjahyllyrunko. Kirjahyllyrunkoisen rakennuksen

kantavina rakenteina toimivat rakennuksen poikittaissuuntaiset väliseinät, päätyjen kantavat julkisivut sekä porrashuoneen seinät. Kohteessa on maanvarainen anturaperustus, jolloin maa-aineksen geotekninen kantavuus on hyvä. Rakennuspaikalla toteutettiin uudet pohjatutkimukset geoteknisen kantavuuden varmistamiseksi, vaikka vanhat pohjatutkimukset olivat saatavilla. Kantavien seinärakenteiden kantavuutta on tarkasteltu lisäkuormakapasiteetin arvioimiseksi. Asuinkerrostalon alkuperäinen toteutustapa vastasi hyvin suunnitelmia ja rakennuksen perustukset kaivettiin näkyville niiden toteutustavan varmistamiseksi. (Männistö 2019)

Kohteen lisäkerroksen rakenneratkaisuna käytettiin Koskisen puurakenteisia suurelementtejä. Kohteen lisäkerros on esitetty kuvassa 9. Suurelementit on kiinnitetty olemassa olevan kerrostalon kantavien väliseinälinjojen päälle tehdyille nostoille, joilla samalla tasoitettiin vanhan yläpohjan epätasaisuuksia. Suurelementtien ja vesikaton kattoelementtien asennus toteutui kahdessa viikossa poissulkien välissä tehdyt erikoistyöt (Koskisen 2015). Paloteknisistä vaatimuksista johtuen puurunkoisen lisäkerroksen sisäpinnan verhoukseen käytettiin suuri määrä kipsilevyä. (Männistö 2019)



Kuva 9. Lisäkerros Hyvinkään Paavolassa (Marjo Naukkarinen 2016).

Peruskorjauksen ja lisäkerroksen myötä Hakapaavon energiatehokkuus nousi luokkaan B, mikä on korjausrakentamisessa melko poikkeuksellista. Eri osapuolet olivat mukana

hankkeessa jo hyvin aikaisessa vaiheessa ja hyvän yhteistyön sekä alihankkijoiden teknisten ratkaisuiden ansiosta hanke saatiin taloudellisesti kannattavaksi. Lisäkerros on kokonaisuudessaan mittava ja haastava, mutta projekti saatiin kunnialla ja kannattavasti toteutettua. (Koskisen 2015)

## **4.2 KLIKK-tutkimus lähiöiden korjausmenetelmien kehittämiseksi**

Suomessa 2012 – 2014 toteutettu TEKES'in rahoittamana tutkimushanke KLIKK, johon osallistuneita osapuolia olivat Oulun yliopisto, Aalto-yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, VTT, useita kaupunkeja ja rakennusalan yrityksiä sekä yhteistyökumppanina ympäristöministeriö. Hankkeessa keskityttiin lähiörakentamisen mahdollisuuksien tarkasteluun, kaavoituksen käytänteiden kehittämiseen, korjausratkaisujen tutkimiseen lähiökerrostaloissa sekä erityisesti lähiökerrostalojen lisäkerrosten rakentamiskorjausten ideointiin ja niiden suunnittelu- ja rakentamiskorjausten kehittämiseen. (Soikkeli ym. 2015, s. 15)

Korjaustoimenpiteiden kustannusten rahoittamisen vaihtoehtoiksi on muodostunut lisärakentaminen. Korjausten yhteydessä rakennettavat myytävät tai vuokrattavat lisäkerrosneliöt kattavat asuinkerrostalon korjauskustannuksia. Kaupunkien keskusta-alueilla voi taloyhtiö tehdä jopa voittoa asuntojen korkeampien neliöhintojen vuoksi. Esikaupunkialueilla tuskin katetaan kaikkia korjauskustannuksia, mutta siitä voi kuitenkin olla merkittävää taloudellista apua. Lisärakentamisen tuomat tuotot voivat jopa kannustaa taloyhtiötä korjaustoimenpiteisiin ilman pelkoa liiallisesta velkaantumisesta. (Soikkeli ym. 2015, s. 175)

KLIKK-hankkeen päätavoitteena oli kehittää käyttäjälähtöinen teollinen, kokonaistaloudellinen sekä tehokas korjauskonsepti lähiökerrostalojen korjaamiseen, laajentamiseen ja lisäkerrosten rakentamiseen. Konseptin ratkaisussa on pyritty hyödyntämään puurakenteita. Tutkimushankkeessa kehitettiin erilaisia ratkaisuja lähiökerrostalojen lisäkerrosten rakentamiseen tilaelementtejä hyödyntäen sekä asuinkerrostalon muun kokonaisuuden uusimiseen ja korjausratkaisuiden kehittämiseen. (Soikkeli ym. 2015, s. 16)

### 4.3 Puurakennejärjestelmien teollinen valmistus

Rakennejärjestelmä on kokonaisuus, joka muodostuu rakennuksen kantavista ja tiloja rajaavista rakennusosista. Rakennejärjestelmä on runkojärjestelmää laajempi kokonaisuus, joka sisältää myös ei-kantavat ulkoseinät ja osastoivat väliseinät. Puurakenteisia rakennejärjestelmiä on tarjolla useita erilaisia muun muassa kantavaseinäiset ranka- ja massiivipuurakenteet, jotka voidaan toteuttaa sekä taso- että tilaelementteinä. (Tolppanen ym. 2013, s. 30)

Puurakentamisessa on siirrytty yhä enemmän esivalmisteosien valmistukseen ja käyttöön. Eri rakennejärjestelmille yhteistä on pitkälle viety teollinen esivalmistus ja elementtirakentaminen. Puu materiaalina soveltuu hyvin teolliseen rakennusosien valmistukseen sen mittatarkkuuden, keveyden ja lujuuden vuoksi. Keveyden vuoksi suurikokoisetkin rakennusosat voidaan kuljettaa ja nostaa paikoilleen kapasiteetiltaan pienemmillä nostureilla ja kurottajilla. Tavanomaista esikaupunkialueen asuinkerrostaloa voitaisiin rakenteita vahvistamatta korottaa jopa kaksi kerrosta sekä lisäkerrokset voidaan toteuttaa millä tahansa puurakenteisella runkojärjestelmällä. (Tolppanen ym. 2013, s. 30, 109)

Teollinen esivalmistaminen tuo rakentamiseen huomattavia etuja perinteiseen paikallarakentamiseen verrattuna. Rakennustyömaan nopean kokoonpanon lisäksi esivalmistus tuo paljon muitakin hyötyjä rakentamiseen. Rakentamisen kokonaisaika vähentää rahoituskuluja, mutta myös vuokratuottojen saaminen aikaistuu sekä projektikierto on nopeampaa. Teollisella esivalmistuksella pystytään vaikuttamaan huomattavasti rakennusosien mittatarkkuuteen, laatuun, materiaalihukkaan ja rakennustyömaiden työvoimapulaan. (Tolppanen ym. 2013, s. 32)

Teollisten komponentit takaavat dokumentoidun ja tasaisen laadun, sekä laadunvarmistus on helpompi järjestää tehdasolosuhteissa kuin työmaalla. Tehtaalla asennustyössä pystytään kiinnittämään tarkempaa huomiota liitosten tiiviyyteen ja siinä tarvittavien tiivisteiden asennukseen. Tehdasolosuhteissa valmistettujen elementtien suunnittelussa on kiinnitettävä erityisesti huomiota niiden kuljetuksen ja asennuksen aikaiseen jäykkyyteen sekä elementtien valmiiden sisäpintojen sääsuojaukseen. (Tolppanen ym. 2013, s. 32, 48)

Teollisesti valmistettavilla ratkaisuihin pyritään välttämään hankekohtaisia ratkaisuja. Teolliset valmistusosat voivat esimerkiksi olla useaan kohteeseen suunniteltuja moduuleita, joita voidaan muokata pienillä muutoksilla. Lisäkerrosrakentamista varten olemassa oleva rakennus asettaa esivalmisteosille reunaehdot, mitkä on otettava huomioon teollisten valmisosien tuotannossa. (Junnonen ja Lindstedt 2011, s. 56)

#### **4.3.1 Tilaelementit**

Tilaelementit ovat rakennuselementtejä, joissa on valmiiksi rakennettuna seinä-, lattia- ja kattorakenteet sekä osa sivuseinistä voi puuttua kokonaan tai osittain. Elementti muodostaa tilakokonaisuuden tai toiminnallisen kokonaisuuden itsessään tai yhdessä yhden tai useamman tilaelementin kanssa. Tilaelementtijakoa säätelevät asuntosuunnittelun lisäksi myös elementtien äärimat, joita rajoittavat elementtien kuljetus, nostaminen sekä tuotantotekniikka. Tilaelementtien normaalikuljetuksen maksimimitat ovat 4,5 m leveys, 13,5 m pituus ja korkeus 4 m. Tilaelementtien esivalmistusaste on korkea ja ne rakennetaan tehdasolosuhteissa poissa sään vaikutuksilta, mittatarkoin valmistusmenetelmin ja tehokkaasti. (Soikkeli ym. 2015, s. 21, 48)

Tilaelementtien pitkät tuotantosarjat ovat eduksi tilaelementtirakentamisessa sekä parantavat taloudellisuutta. Tilaelementit soveltuvat erityisesti asuntokohteisiin sekä asuntoloihin ja hotelleihin, joissa huoneistojen toistettavuus on suuri ja huoneet ovat hyvin samanlaisia toisiinsa nähden. Tilaelementeillä rakennus voidaan koota nopeasti ja elementteihin on tavallisesti asennettu valmiiksi ikkunat, ovet, kiintokalusteet ja LVIS asennukset. (Tolppanen ym. 2013, s. 48)

Puurakennejärjestelmistä kilpailukykyinen vaihtoehto lisäkerrosten rakentamiseen ovat puurakenteiset tilaelementit, joiden asennuksen nopeus tuo selvää taloudellista hyötyä. Asennuksen nopeus ja esivalmistusaste takaavat myös paremman rakennusaikaisen kosteudenhallinnan. Tilaelementtien kantavat linjat pyritään toteuttamaan siten, että ne mukailisivat vanhan rakenteen kantavia linjoja. Tämä ei aina ole mahdollista, jolloin tarvitaan arinapalkisto siirtämään kuormituksia. (Tolppanen ym. 2013, s. 110)

#### 4.3.2 Suurelementit

Rankarakenteiset suurelementit ovat hyvin yleisiä puurunkoisen rakennuksen rakentamisessa. Rakennuksen seinärakenne voidaan valmistaa mitallistetusta sahatavarasta tai liima- tai kertopuusta riippuen rakennuksen korkeudesta ja teknisistä vaatimuksista. Suurelementtiseinien rakenneperiaate koostuu runkotolpista ja niitä yhdistävistä ylä- ja alasidepuista sekä levytyksestä. Levytys toimii tarvittaessa rakenteen ja rakennuksen jäykisteenä. Runkotolppien väliset ontelot täytetään palamattomalla eristeellä ja rakenteen ominaisuuksiin vaikutetaan levy- ja eristetyypeillä sekä rungon mitoituksella. (Tolppanen ym. 2013, s. 40)

Rankarakenteisilla ulkoseinillä saavutetaan hyvä ilmatiiviys ja energiatehokkuus, aina passiivitasoon asti. Suurelementeissä on tavallisesti asennettuna valmiiksi ikkunat, ovet sekä ulkoverhoukset. Suurelementit toimitetaan työmaalle valmiina tai avoimina elementteinä, jolloin lämmöneristystyöt ja sisäpuoliset verhoukset tehdään elementtiasennuksen jälkeen. (Tolppanen ym. 2013, s. 41)

Rankarunkoisen rakennuksen rakenteissa käytetään yleensä levyjäykistystä. Välipohjan jäykistävä levyrakenne kiinnitetään sitä alemman kerroksen seinärunkoon ja päällekkäiset jäykistävät seinät ankkuroidaan toisiinsa välipohjan läpi teräsosin. Rakennusosissa käytettävät kipsilevyrakenteet tuovat rakenteeseen toivottua massaa äänitekniikan vaatimusten saavuttamiseksi sekä toimivat samalla rakenteen jäykisteinä. (Tolppanen ym. 2013, s. 42)

Työmaan asennustyön helpottamiseksi kiinnitysruuvit voidaan esiporata tehtaalla. Elementtiasennuksissa elementtien tiiveyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Valmispintaiset elementit ovat myös alttiimpia sään, kuljetuksen ja asennuksen aikaisille vaurioille kuin avoimet elementit. (Tolppanen ym. 2013, s. 42)

Suurelementein rakennetuissa lisäkerroksissa kantavat seinärakenteet on edukkainta sijoittaa samaan linjaan vanhan rakenteen kantavien seinälinjojen kanssa. Mikäli kuormituksia on siirrettävä, voidaan vanhan yläpohjan päälle rakentaa teräs- tai puurakenteinen arinapalkisto, mikä tasaa yläpohjan mahdolliset epätasaisuudet ja siirtää kuormituksia. Lisäkerrosten stabiliteetin suunnittelussa hyödynnetään ulkoseinärakenteen ja huoneistojen välisten seinien levyrakenteita. Suurelementeissä voidaan käyttää ranka- tai CLT-rakenteita. (Tolppanen ym. 2013, s. 109)

### 4.3.3 CLT (Cross Laminated Timber)

CLT-massiivipuulevyä voidaan käyttää kaikissa rakennuksen maanpäällisissä kantavissa rakenteissa ja ne soveltuvat niin seiniin, välipohjiin kuin kattoihin. CLT-levyrakenne koostuu kolmesta, viidestä, seitsemästä tai useammasta eri vahvuudesta ja kerroksittain ristiin liimatuista kerroksista. Ristiinlaminointi takaa CLT-levyjen muodonpitävyyden ja lujuusominaisuudet, jonka seurauksena rakenteessa ei juurikaan tapahdu painumista ja kosteuseläminen on vähäistä. CLT-tekniikkaa on käytetty menestyksekkäästi Euroopassa sekä julkisissa kohteissa, että asuintaloprojekteissa. CLT-tekniikkaa käytetään yleisesti esimerkiksi Saksassa ja Itävallassa. (Tolppanen ym. 2013, s. 43, 44)

CLT on hyvän rakenteellisen lujuuden sekä helpon liitostekniikan ja rungon jäykistyksen vuoksi erittäin kilpailukykyinen puumateriaali erilaisissa rakennuskohteissa. CLT toimii sekä jäykistävänä että kantavana rakenteena yhtä aikaa, jolloin erillistä jäykistävää rakenneosaa ei tarvita. CLT-levyjen liimauksessa käytetään formaldehydittömiä ympäristöystävällisiä liimoja ja mikäli CLT-levy on syrjäliimattu erillistä ilman- ja höyrynsulkukerrosta ei tarvita. CLT-levy toimii myös osaltaan lämmöneristeenä, jolloin lämmöneristekerros voi olla ohuempi. (Tolppanen ym. 2013, s. 44)

## 4.4 Lisäkerrosrakentaminen maailmalla

Noin 60% rakennusalan sektorin investoinneista Euroopassa liittyy muutosrakentamiseen, korjausrakentamiseen, entisöintiin ja rakennusten elvyttämiseen. Rakennusosalalla on myös huomattavissa trendit kestävyteen, materiaalin säästämiseen, rakennuskannan kasvattamiseen ja rakennusten laajentamiseen liittyen. Lisäkerrosrakentaminen sopii kaikkiin mainittuihin trendeihin ja tarpeisiin, sillä se kasvattaa asuntotarjontaa, edistää energiatehokkuutta ja mahdollistaa asuinkerrostalon kehittämistä saaduilla lisätuloilla. (Spirkova ja Cagánová 2015, s. 53)

Lisärakentamisen tarve on tunnustettu maailmalla erityisesti suurissa kasvukeskuksissa. Kaupungin laajentuminen ja uuden kunnallistekniikan rakentaminen on kallista erityisesti, kun vanhoja järjestelmiä on huollettava ja pidettävä kunnossa. Lisäkerrosrakentamisella nähdään mahdollisuus laajentaa kaupungin asukasmäärää sekä tehostaa erityisesti olemassa olevien palveluiden käyttöastetta. Vanhojen varastorakennusten sekä tehtaiden käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä rakennettuja lisäkerroksia löytyy maailmalta useita. Yleinen ongelma suurkaupungeissa

on se, että kasvun vaatima lisäasuntojen tarve ei vastaa valmistuvien asuntojen määrää. Tämä johtaa siihen, siihen että ihmisten etäisyys kaupunkikeskuksista kasvaa ja erityisesti työmatkat kasvavat.

Euroopan isojen kaupunkien rakentamattomien maa-alueiden määrän vähenee, jolloin lisäkerrosrakentaminen on hyvä ratkaisu tihentämään väestörakennetta. Kaupunkialueita tulisi kehittää kokonaisvaltaisesti, jotta välttyttäisiin kaupunkialueiden epätasaiselta tihentämiseltä. Lisäkerrosrakentaminen edistää myös hyväkuntoisen rakennusten elinkaarikehitystä ja luo mahdollisuuksia kehittää asuinalueita. (Amer ja Attia 2017, s. 50)

Sustainable Roof Extension Retrofit for High-Rise Social Housing in Europe (SURE-Fit) ryhmä arvioi lisäkerrosrakentamisen teoreettista potentiaalia Euroopassa vuonna 2007. Arvio perustui kansallisiin tilastoihin alle 8-kerroksista rakennuksista, jotka on rakennettu vuosien 1960-1980 aikana. Tutkimuksesta rajattiin ulos vanhemmat rakennukset niiden elinkaaren ja rakennushistoriallisen suojelun takia. Uudemmat, 1980-luvun rakennukset, arvioitiin jo tarpeeksi energiatehokkaita ja korjaustoimenpiteet sijoittuisivat tulevaisuuteen. Viimeisenä arviointikriteerinä toimi rakennusten omistusmuoto maakohtaisesta sekä ammattilaisten näkökanta. Lisäkerrosrakentamisen teoreettisen potentiaalien tuloksia esitetään taulukossa 7. (Spirkova ja Cagánová 2015, s. 56)

Taulukko 7. Lisäkerrosrakentamisen teoreettinen potentiaali asunnoittain eri Euroopan maissa (mukaillen Spirkova ja Cagánová 2015, s. 57).

	Asuntojen lukumäärä yhteensä	alle 8-kerrosta	Rakennettu 1960-1980	Potentiaali asuntojen lkm
Saksa	38 709 853	19 612 734	9 620 217	600 000
Suomi	2 548 043	1 144 785	585 257	327 744
Ruotsi	4 312 018	1 790 350	662 429	314 654
Puola	12 535 678	4 833 018	1 798 800	741 106
Tanska	2 540 543	883 215	282 756	35 000
Iso-Britania	21 130 360	3 856 544	1 218 263	732 176

SURE-Fit tuottamassa tutkimuksessa lisäkerrosrakentamisen potentiaali esitetään yllä olevassa taulukossa asuntojen lukumääränä. Suomessa tutkimuksen mukaan yli 300 000



asunnolla olisi potentiaalia lisäkerrosrakentamiselle. Euroopan laajuisesti sama tutkimus osoittaa potentiaalisten asuntojen lukumääräksi 7 369 763 kappaletta, joka vastaa Euroopan asuinrakennusten rakennuskannan osuudesta noin 4 %. On kuitenkin muistettava, että lisäkerrosrakentamisen potentiaali on suurempi tiheämmin asutuissa kaupunkikeskuksissa, joissa asuntojen hintataso on korkeampi. (Spirkova ja Cagánová 2015, s. 58)

Euroopassa 1960- ja 1970-lukujen asuntokannan kehitys on hyvin verrattavissa Suomen asuntokantaan. Toisen maailmansodan jälkeen elementtirakentamisen tuoma massarakentaminen ja asutuspula on tuottanut hyvin samantyyppisiä ratkaisuja ympäri Eurooppaa. Vanhan rakennuskannan energiatehottomuus ja korjaustarve on yleisesti tunnistettu myös pohjoismaissa ja keski-Euroopassa.

Esivalmisteosien kuten tilaelementtien ja suurelementtien käyttö on todettu hyödylliseksi lisäkerrosrakentamisessa. Esivalmisteosat ovat yleensä olleet teräs tai puurakenteisia tai niiden yhdistelmiä. Suurkaupungeissa esivalmisteosat nähdään hyödyllisinä, sillä niiden valmistus sijaitsee kauempana kaupunkikeskuksista, jolloin valmistuskustannukset ovat huomattavasti pienemmät. Rakennustyöt ovat nopeammat, jolloin asukkaille ja muille rakennustyömaan alueella sijaitseville toiminoille haitat ovat pienemmät. (Amer ja Attia 2017, s. 52)

#### **4.4.1 Lontoo**

Iso-Britannialainen rakennusalan yritys Apex Airspace Development Ltd., joka on osa Apex Housing Groupia, perustettiin markkinoimaan ja toteuttamaan lisäkerrosrakentamista suur-Lontoon alueella. HTA Design LLP tuotti tutkimusmateria Apex Airspace Developmentille lisäkerrosrakentamisen markkinan laajuudesta sekä mahdollisuuksista. Nimessä esiintyvä sana airspace kuvaa asuinkerrostalon katoilla olevaa ilmatilaa, mikä on kaupallisesti hyvinkin arvokasta lisäkerrosrakentamista ajatellessa. Tutkimuksessa tunnistetaan ja analysoidaan lisäkerrosrakentamiselle potentiaalisten asuinkerrostalojen ominaisuuksia sekä tuodaan esille hyötyjä maanomistajille. (Ooshuizen ym. 2016, s. 4, 5)

Erityisesti suur-Lontoon tapauksessa kaupungin laajentuminen vie kaupungin asukkaita yhä kauemmaksi keskuksista. Lisäkerrosrakentaminen on todettu hyväksi tavaksi tiivistää kaupungin asukastiheyttä ja iso osa asuinkerrostaloista sekä palvelurakennuksista

mahdollistaisi lisäkerrosten rakentamisen. Apex yhtiön ehdotus on käyttää hyödyksi Lontoon asuntokehityksessä olemassa olevien rakennusten viemää pinta-alaa, jotta kaupunkirakenteen laajeneminen olisi hillitympää. (Derbyshire 2018)

Apex Airspace hyödyntää lisäkerrosrakentamisessaan esivalmistettuja tilaelementtejä, jotka valmistetaan kaupungin ulkopuolella tehdasolosuhteissa. Kuvassa 10 näytetään tilaelementin nosto kerrostalon katolle Lontoossa. Tilaelementtiratkaisut ovat täysin valmiita sisustukselta, jolloin työmaalla tilaelementit ainoastaan asemoidaan ja asennetaan paikalleen. Tilaelementeillä toteutettujen lisäkerrosten rakennusaika ja rakennuskustannukset laskevat ja tuovat siten etuja saavuttaa rakentamisen vuotuiset tavoitteet. (Ooshuizen ym. 2016, s. 34)



Kuva 10. Apex Airspace korotuskohteen tilaelementtiasennus (Apex Airspace 2018).

Lisäkerrosrakentaminen ei ole uutta Lontoossa, mutta toteutuneita projekteja on ollut vähän. Yleisesti kuitenkin tunnustetaan, että asuinkerrostalojen katot ovat lähes käyttämättöminä lisärakentamiselle. Lisäkerrosrakentamisen konseptit ovat kuitenkin saaneet runsaasti huomiota medialta ja politiikassa. Arvioiden mukaan lisäkerrosrakentamisen potentiaalinen lisäasuntojen määrä vaihtelee sadasta tuhannesta puoleen miljoonaan uuteen asuntoon. (Ooshuizen ym. 2016, s. 9)

#### 4.4.2 Tanskalainen innovaatio SOLTAG

Soltag on osa Euroopan unionin rahoittamaa Demohouse -tutkimusprojektia. Tutkimustyössä on mukana tutkimusorganisaatioita, asuntoyhtiöitä ja rakennusyhtiöitä sekä projektissa ovat olleet mukana seuraavat maat: Tanska, Alankomaat, Puola, Unkari, Itävalta, Espanja ja Kreikka. Projektin tarkoituksena on demonstroida energiatehokasta korjausrakentamista ja luoda esimerkkejä tulevaisuuden asumisesta. (Larsen 2006)

Soltag konseptin lisäkerrosrakentaminen perustuu esivalmistettuihin tilaelementteihin, joiden kattorakenteissa on aurinkopaneeleita, jotka tuottavat aurinkoenergiaa asunnon tarpeisiin. Tilaelementissä, jotka esitetään kuvassa 11, on pyritty maksimoimaan auringon valon hyötykäyttö niin sisätilojen luonnonvalon määrää lisäämällä kuin auringonvalon lämmityspotentialissa. Soltag -tilaelementtiä kuvaillaan ”energiatuotantolaitokseksi” ja se käyttää monin tavoin hyödyksi luonnon omia energialähteitä. (Spirkova ja Cagánová 2015, s. 55)



Kuva 11. Soltag on esivalmistainen tilaelementti, joka voidaan sellaisenaan asentaa asuinkerrostalon lisäkerroskseksi (Larsen 2006).

Soltag asuntomoduulissa esivalmistusta on hyödynnetty mahdollisimman pitkälle. Moduulit ovat energian suhteen omavaraisia eli se kerää tarvittavan lämmitysenergian auringosta. Moduulissa on koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä, joka lattialämmityksen kiertovesijärjestelmän lisäksi saa vaatiman sähkön auringosta. Soltag on tarkoitettu liitettäväksi asuinkerrostaloon kattokerrokseksi ilman, että rakennuksen energiajärjestelmiä tarvitsee erikseen liittää. (Junnonen ja Lindstedt 2011, s. 29)

Soltag esivalmistetun tilaelementin tuomat edut nähdään kattavaksi verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Tilaelementin suunnitteluysityiskohdat ovat huomattavasti tarkemmat verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Lisäksi rakennusprosessissa syntynyt rakennusjäte on määrällisesti huomattavasti pienempi sekä rakennusjätteen hallinta toteutuu paremmin. Tilaelementin rakennusmateriaalina käytetty puu luokitellaan hiilineutraaliksi rakennusmateriaaliksi, jolloin rakentaminen on ympäristöystävällistä. Kuitenkin lisäkerrosrakentamisen kustannukseksi Slovakiassa Soltag tilaelementtijärjestelmällä, kaikki teknologiset lisävarusteet mukaan lukien, on arvioitu olevan noin 2 926 €/m<sup>2</sup>, mikä osoittautui alueen hintatasoon nähden huomattavasti arvokkaammaksi perinteisiin rakennusmenetelmiin verrattuna. (Spirkova ja Cagánová 2015, s. 9)

Tanskan Ørestadiin rakennettu hiilidioksidivapaa esivalmistettu lisäkerros vuonna 2005 oli suuri menestys. Soltag lisäkerrosrakennukselle myönnettiin vuonna 2015 Danish Energy Saving Price vuonna 2005 sekä Energy Globe Award vuonna 2006. Soltag -tilaelementti on kehitetty yhteistyössä Cenergia, Velux Group, Urban Renewal Copenhagen ja Nielsen & Rubow Architects kesken. (Pedersen 2007, s. 151)

#### **4.4.3 Ruotsi**

Ruotsin rakennuskanta on hyvin samanlaista Suomen rakennuskantaan verrattuna. Historian aikana Ruotsissa rakentaminen on edennyt lähes samantyyppisissä vaiheissa Suomen rakennushistoriaan verrattuna. 1960- ja 1970-luvun yleisin runkotyyppi on kirjahyllyrunko, jossa rakennuksen väliseinärakenteet toimivat kantavina rakenteina. 1970-luvulla elementit alkoivat nopeasti yleistymään rakentamisessa sekä 1960- ja 1970-luvun rakennuskanta mielletään esikaupunkialueiden rakennuskannaksi. Etelä-Ruotsissa yli kolmikerroksisten hissittömien asuinkerrostalot rakentaminen oli sallittua vielä vuoteen 1960 asti ja alle neljäkerroksisten hissittömien asuinkerrostalojen rakentaminen vuoteen 1977 asti. (Johansson ja Thyman 2013, s. 9)

Ruotsin miljoonaohjelman aikana tavoitteena oli ratkaista akuutti asuntopula rakentamalla miljoona uutta asuntoa vuosien 1965-1974 aikana. Kyseisenä aikana massatuotannollinen rakentaminen antoi mahdollisuuden esivalmistuksen kehittymiseen. Massatuotannon sekä esivalmistusmenetelmien tuloksena oli kolme tyypillistä asuinkerrostalotyyppiä, jotka ovat kaikki suurten korjaustoimenpiteiden tarpeessa. Miljoonaohjelman aikana rakennettu rakennuskanta nähdään hyvin identtisenä ja on siten erittäin soveltuva lisäkerrosrakentamiseen. (Friberg ja Karlin 2015, s. 3)

Lisäkerrosrakentamisrakentaminen on Ruotsissa toteutettu pitkälti puurakenteisilla suurelementeillä ja yksittäisillä rakenneosilla. Kuten yleisesti puurakentamisessa esivalmistusmenetelmiä on pyritty käyttämään lisäkerrosrakentamiskohteissa hyödyksi. Tilaelementtien käyttömahdollisuudet lisäkerrosrakentamisessa ovat hyvät Johnssonin (2013) mukaan. Tilaelementtien käyttö tuo rakentamisen nopeuden puolesta useita etuja, mutta tilaelementtirakenteisen lisäkerroksen haasteena on arkkitehtoninen ulkoasu tilaelementtien rajallisen koon vuoksi. Tilaelementtiratkaisuilla rakennuksen tiloista on myös haastavaa luoda isoja avoimia tiloja. (Johansson ja Thyman 2013, s. 35)

Umeåssa Audumblan kaupunginosassa 1960-luvulla rakennetun toimistorakennuksen päälle lisätyt kaksi lisäkerrosta eivät tuoneet rakennuskokonaisuudelle lisäkuormitusta. Rakennuksen vanhoja betonirakenteita on uusittu erityisesti vanhan kattorakenteen osalta, jolloin rakennuksen massa keveni 230 tonnia. Lisäkerrosten rakentamisessa käytetyt liimapuurakenteet eivät lisäkerrosten osalta lisänneet rakennuksen kokonaismassaa lähtötilanteeseen verrattuna. (Åfreds 2017)

Umeåssa on toteutettu muitakin lisäkerrosrakentamisprojekteja eikä se ole ainut Ruotsin kaupunki, joka on huomannut puurakenteisten lisäkerrosten potentiaalin. Useissa puurakenteisia lisäkerrosrakentamiskohteita mukana ollut yritys Martinsons luottaa puun keveyteen, esivalmistusmenetelmiin sekä lujuusominaisuuksiin. Ruotsissa puurakentamisen teollisen esivalmistuksen kasvu vahvassa kasvussa sekä esivalmistus on lisännyt voimakkaasti puurakentamisen kustannustehokkuutta (Törmänen 2017). Martinsons tuottaa Ruotsissa CLT ja liimapuu tuotteita puurakentamiseen. (Lindgren 2016)

Lisäkerrosten osalta Ruotsissa sovelletaan uudisrakentamisen määräyksiä ja lakeja, eivätkä olemassa olevan rakennuksen tekniset vaatimukset ja ominaisuudet saa heiketä. Rakentaminen rinnastetaan rakennuksen muutostyöhön ja olemassa olevan

asuinkerrostaloa koskevien muutosten laajuus vaikuttaa kokonaisuuden tarkasteluun vanhan asuinkerrostalon osalta. Lisärakentaminen voi kuitenkin olla oma kokonaisuutensa, jolloin olemassa oleviin rakenteisiin ei puututa. Lisäkerrosrakentamisen osalta Ruotsissa rakennusmääräykset ovat hyvin samantyyppisiä kuin Suomessa, isona poikkeuksena kuitenkin rakennuksen paloturvallisuus. (Boverket 2019)

Rakennusten paloturvallisuus asettaa lisäkerrosrakentamiselle eniten reunaehdoja ja määritelmät perustuvat rakennuksen kerroslukumäärän asettamiin määräyksiin. Rakennuksen palosuunnittelu kuuluu yleensä ulkopuoliselle palokonsultille, joka vastaa asuinrakennuksen paloturvallisesta toteutuksesta. Lisäkerrosrakentamisen osalta paloasetus määrittelee kerrosluvun perusteella rakennuksen paloturvallisuuteen liittyvät ohjeet ja vaatimukset. Lisäkerrosrakentamisen osalta olennaista paloturvallisuudessa on se, että ylittääkö yhteenlaskettu kerroslukumäärä kahdeksan kerroksen rajan. (Puhakka 2019; Friberg ja Karlin 2015 s. 7)

Ruotsin laissa asetetaan, että rakennuksen eri osat voidaan määritellä eri kiinteistön osiksi. Lain mukaan lisäkerrokset voidaan jakaa eri kiinteistön osiin olemassa olevan kerrostalon tai julkisen rakennuksen kanssa. Tätä kutsutaan niin sanotuksi kolmiulotteiseksi kiinteistömuodostamiseksi, jossa rakennus voidaan pilkkoa osiin esimerkiksi korkeuden suhteen. Tämä mahdollistaa sen, että lisäkerrosten omistajana voi toimia eri taho kuin olemassa olevan rakennuksen. (Hällgren ja Falge 2017, s. 5; Jordabalk, 1970)

Johanssonin ja Thymanin (2013) maisterintyössä haastateltujen eri lisäkerrosrakentamisprojekteissa mukana olleiden ammattilaisten näkemyksiä tuodaan esille työn teoriaosuudessa. Lisäkerrosrakentamiskohteet on Östlingin (2013) mukaan valittu tarkan harkinnan tuloksena sekä projekteja on toteutettu ainoastaan sellaisissa tapauksissa, joissa lisäkerrosrakentamisen kustannukset ollaan voitu pitää kurissa. Kohteet ovat olleet kallion varaan perustettuja, kantavat rakenteet vahvoja betonirakenteita ja rakentamisen lisäkustannuksilta ollaan koitettu välttyä. Lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuden on määritellyt pitkälti alueen hintataso, jolloin toteutusmahdollisuudet voivat olla hyvinkin rajallisia. (Johansson ja Thyman 2013, s. 27)

## 5 LEHTO COMPONENTS -TILAELEMENTTITUOTANTO

Tässä kappaleessa käydään läpi Lehto Components Oy:n tilaelementtituotanto sekä tuotannon eri vaiheita. Tilaelementtien rakennekokonaisuus käydään läpi pääpiirteittäin ja tuodaan esille seikkoja, jotka vaikuttavat tilaelementtien käyttömahdollisuuksiin lisäkerrosrakentamisessa.

Lehto Components Oy on Lehto Group Oyj:n omistama tytäryhtiö, joka vastaa konsernin tehdastuotannosta. Yrityksellä on kahdeksan tehdasta Suomessa, jotka sijaitsevat Iissä, Oulussa, Luohualla, Humppilassa sekä Oulaisissa, jossa on käytössä 4 tehdasta. Lehto Components valmistaa puurakenteisia tilaelementtejä, seinäelementtejä ja kattoelementtejä sekä teräsrakenteisia talotekniikkakontteja, betonirakenteisia kylpyhuone moduuleja, ikkunoita, ovia ja kiintokalusteita. Tilaelementit toteutetaan rakennussarjana, joka muodostaa yhtenäisen rakennuksen eri tilaelementtikokoonpanoista.

Lehto Components Oy valmistaa tilaelementtejä Oulaisten sekä Hartolan tehtaissa. Oulaisten tehtaalla on yksi tilaelementti linjasto, jossa työskennellään kahdessa 8 tunnin vuorossa ja tehtaasta valmistuu 2 tilaelementtiä päivässä. Hartolan tehtaalla tilaelementtituotannolle on käytössä kolme tilaelementti linjastoa, jossa työskennellään yhdessä vuorossa ja tilaelementtejä valmistuu päivässä 3. Tilaelementtejä valmistuu päivässä yhteenlaskettuna 5 kappaletta. Oulaisten tilaelementtituotantolinja esitetään kuvassa 12. Hartolan tehdas tuottaa myös muita yksittäisiä puuelementtejä tilaelementtikohteiden käyttöön. (Vänttilä 2019)





Kuva 12. Tilaelementtituotantolinja Oulaisten tehtaalla.

Lehto-konsernin Deco-konsepti koostuu puurakenteisista luhti- ja asuinkerrostaloista, jotka rakennetaan Lehto Components Oy:n valmistamista tilaelementeistä. Deco-konseptin puurakenteiset luhtitalot ovat yleensä 2 kerroksisia sekä asuinkerrostalot 4 kerroksisia. Nykyisen tilaelementtituotteella on mahdollista rakentaa 4 kerroksisia asuinkerrostaloja ja tilaelementtituotteen jatkokehitys keskittyy mahdollistamaan 6-8 kerroksisten asuinkerrostalojen rakentamiseen tilaelementeistä (Vänttilä 2019).

## 5.1 Puurakenteiset tilaelementit

Lehto Componentsin valmistamilla puurakenteisilla tilaelementeillä rakennetaan luhti-, rivi- ja kerrostaloja. Tilaelementit ovat tehtaalla täysin valmiiksi valmistettuja rakennusosia, jotka asennetaan työmaalla valetun sokkelin päälle. Tilaelementtien asennustyön aikana kattolohkot kootaan työmaalla esivalmisteosista. Tilaelementit pinotaan työmaalla osissa päällekkäin kattolohkojen kanssa, jolloin erillistä sääsuojasta ei tarvita. Työmaalla tehtäviä työvaiheita ovat tilaelementtien liittäminen toisiinsa,



tekniikan liittäminen tilaelementeissä jo valmiina oleviin tekniikkaneuvostuihin sekä muut kytkentätyöt ja viimeistelytyöt.

Lehto Components on saanut Finotrol Oy:n tuotesertifikaatin puurakenteisten tilaelementtien valmistukseen. Tuotesertifikaatti FC-5:2014 koskee puurakenteisia seinä-, alapohja-, välipohja- ja yläpohjaelementtejä sekä niiden mekaanisia liittimiä ja järjestelmiä. Finotrolin FC-5 puurakenteisten elementtien kansalliset arviointiperusteet seuraavat rakennustuoteasetuksen perusvaatimuksia. Rakennustuoteasetuksen perusvaatimukset koskevat kokonaisuudessaan koko rakennuskohdetta, jolloin asetuksen vaatimuksia ei voida soveltaa yksittäisiin elementteihin. Kansalliset vaatimukset on otettu huomioon arviointiperusteissa, jotta elementit täyttävät rakennustuoteasetuksen vähimmäisvaatimukset. Puurakenteisten elementtien kansalliset arviointiperusteet asettavat tilaelementeille laadullisia ja rakenteellisia vaatimuksia sekä edellyttää eurokoodin mukaista mitoitus. (Finotrol 2013)

Lehto Componentsin käyttämä tilaelementtien valmistusmenetelmä käyttää Finotrol FC-5 kansallisen arviointiperusteiden suoritustason osoittamismenettelyä 3a ja 3b. Menettelytavan perusteella ilmoitetaan rakennustuotteen mekaanisen lujuuden ja vakavuuden suoritustaso. Menettely 3a tarkoittaa, että elementti on tehty kolmannen osapuolen yksilöityä rakennuskohdetta varten valmistajalle toimitettujen suunnitelmien mukaan. Menettely 3b tarkoittaa, että elementti on tehty sen valmistajan yksilöityä rakennuskohdetta varten tekemien suunnitelmien perusteella. Kyseiset osoittamismenettelyt soveltuvat kohdekohtaisesti valmistettaville suurelementeille ja tilaelementeille, muiden osoittamismenettelyiden soveltuessa paremmin täysin vakioitujen elementtien suoritustason ilmoittamiseen. (Finotrol 2013)

Tilaelementtien kokoonpano kootaan mekaanisilla liittimillä, joiden toiminta ei perustu voimia siirtävään liimaukseen. Liimausta voidaan kuitenkin käyttää tilaelementtien valmistuksessa pienentämään käyttörajatilassa syntyviä muodonmuutoksia ja värähtelyä. Elementit voivat myös sisältää liimaamalla koottuja komponentteja, kuten I-palkkeja tai liimapuuta. Elementeissä voi myös olla vähäisiä määriä teräksisiä tai muita metallisia kantavia osia, kuten liitososia, aukkopalkkeja, jäykistämiseen käytettyjä vanteita ja muita täydentäviä osia. (Finotrol 2013)

Tilaelementtien painot vaihtelevat tilaelementin koon mukaan 8 500-13 000 kg välillä. Isoimman yksiömallin tilaelementin paino on noin 10 000 kg. Mikäli tilaelementtiin

liittyy 0,6-1,2 m syvä parveke lisää se elementin painoa noin 800-1600 kg. Tilaelementtien paino vaikuttaa tilaelementtien valmistukseen, logistiikkaan sekä asennuksen nostotyössä käytettävään nostokalustoon.

Nykyinen tilaelementtituotteen rakenteellinen kantavuus sekä jäykkyys kestävät 4 kerroksisten asuinkerrostalojen rakentamisen. Tuotteen jatkokehityksessä rakenteiden rungon muutoksilla pyritään mahdollistamaan yli 4 kerroksisten asuinkerrostalojen rakentaminen. Jatkokehitys keskittyy tilaelementtirungon jäykkyysominaisuuksien parantamiseen. (Vänttilä 2019)

### **5.1.1 Tilaelementtien kantavat rakenteet ja jäykistys**

Tilaelementtien kantavat seinärunkorakenteet on valmistettu mitallistetusta ja lujuusluokitellusta C24 puutavarasta. Rankarungon pystypuiden jako ja määrä on tilaelementeissä vakio, mutta kattolohkojen tuentaa varten rankarungossa on kaksinkertainen pystypuu rakennesuunnitelmien mukaan. Tilaelementin kantava ala- ja yläpohjarakenne koostuu Kerto-S rankarungosta.

Tilaelementtien levyrakenteet jäykistävät rakenteen rungon. Ala- ja yläpohjan levyrakenteet siirtävät vaakasuuntaiset kuormitukset tasossa rakenteen kantaville seinärakenteille. Seinärakenteiden levyrakenteet jäykistävät pystyrakenteet vaakasuuntaisille kuormituksille ja siirtävät kuormitukset rakennuksen perustuksille. Tilaelementti on kokonaisuudessaan kantava ja jäykistä rakennekokonaisuus sekä mahdollistaa siten tilaelementeillä yhdistellyn rakennuskokonaisuuden.

Tilaelementtien keskinäiset liitokset siirtävät kuormituksia rakennejärjestelmässä. Tilaelementit kiinnitetään perustuksiin kulmaraudan avulla, jossa sokkelikiinnitys toteutetaan kiila-ankkureilla. Tilaelementtien keskinäiset kiinnitykset toteutetaan vinoruuvatuilla ruuviliitoksilla sekä kulmarautakiinnityksillä. Kiinnitykset siirtävät kuormituksia tilaelementtien välillä.

### **5.1.2 Paloturvallisuus**

Valmistettavien tilaelementtien julkisivupintojen suojaverhous on normaalisti vähintään luokkaa D-s2, d2. Tarvittaessa pintamateriaalit suojataan palosuojamaalilla, jolloin suojaverhous luokitus on B-s1, d0. Tilaelementtien suunnittelija toteuttaa rakennuksen

paloturvallisuus suunnitelmat, jolloin palonkestävyys ilmoitetaan suunnitelmissa ja elementin merkinnässä. (Finotrol 2013)

Tilaelementtien julkisivumateriaalit sekä julkisivuverhous on erillinen osa tilaelementtien toteutusta. Tehdas valmistaa tilaelementtien rungon vakioiduilla toimenpiteillä ja julkisivuverhous on aina kohdekohtainen. Julkisivumateriaalina on yleensä käytössä puuverhous, mutta joitain eri julkisivumateriaaleja on käytetty kohteesta riippuen (Ollila 2019). Julkisivussa tilaelementtien kerrostenvälisen vaakaliitoksien kohdalle asennetaan palokatkoprofiilit, jotta palon eteneminen alemmasta kerroksesta ylempiin on rajoitettua.

Tilaelementit on mahdollista varustaa automaattisella sammutusjärjestelmällä. Tilaelementtien tuotannossa ja suunnittelussa on otettu huomioon automaattisen sammutusjärjestelmän vaatimukset ja tilaelementtikokonaisuus pitää sisällään tekniset edellytykset automaattisen sammutusjärjestelmän käytölle. Tilaelementit eivät luo rajoitteita automaattisen sammutusjärjestelmän puolesta kahden korotuskerroksen tapauksessa.

### **5.1.3 Kosteudenhallinta**

Elementit toimitetaan tilaajalle säältä ja mekaanisilta vaurioilta suojattuna. Rakennuksen kokoamisessa pyritään siihen, ettei tilaelementtejä tarvitse säilyttää rakennuspaikalla. Toimituksen jälkeen elementit nostetaan valmiille perustuksille ja vesikatto saadaan suojaamaan tilaelementtejä sään vaikutuksilta mahdollisimman nopeasti. Tilaelementtien saumoissa höyrynsulku limitetään sekä tiivistetään kumitiivisteellä. Rakenteen ulkoverhous tiivistetään tiivistenauhalla sekä palamattomalla kivivilla eristeellä.

Tilaelementit suojataan tehtaalla kolminkertaisella muovipäällysteellä ja tilaelementin sisälle lisätään kosteutta imevää materiaalia, joka sitoo muovikuoren sisälle jäänyttä kosteutta. Tilaelementtien väliaikaisvarastointi ja sääsuojaus esitetään kuvassa 13. Kuljetuksen jälkeen ennen asennusta tilaelementin sääsuojamuovit poistetaan työmaalla ennen tilaelementin nostoa. Tilaelementtien noston yhteydessä vesikattoelementit nostetaan lohkoissa tilaelementtien päälle. Erillistä sääsuojaa ei käytetä tilaelementtien asennustyön aikana, vaan asennukset pyritään toteuttamaan sateettomina työpäivinä sekä vesikattoelementit voidaan nostaa tilaelementtien päälle lohkoissa.



Kuva 13. Muovilla säältä suojatut tilaelementit Oulaisten tilaelementtitehtaan väliaikaisvarastoinnissa ennen työmaalle toimittamista.

#### 5.1.4 Tilaelementtivalmistus

Tilaelementtituotanto toimii 8 tunnin työvuoroissa ja tuotannossa on 5 vaihetta ja 12 kokoonpanopaikkaa. Tehdastuotannon kokoonpano koostuu seuraavista vaiheista: esivalmistusvaihe, elementtivaihe, runkovaihe, sisustusvaihe ja varusteluvaihe. Tuotannon elementtivaihe kokoaa seinän sisä- sekä ulkokuorielementit, väliseinä- ja yläpohjanelementit. Kuvassa 14 on esitetty esikoottu yläpohjanelementti. Rungot kootaan valmiiksi sahatuista runkomateriaaleista ja elementtirungon osat kiinnitetään toisiinsa asennustyötä helpottavilla ja ohjaavilla asennuspöydillä. Elementtien levyrakenteet ovat koneellisesti valmiiksi leikattuja, jolloin elementtivaiheessa levyrakenteet ainoastaan kiinnitetään elementteihin. (Ollila 2019)



Kuva 14. Tilaelementin esikoottu yläpohjaelementti.

Tilaelementtien esivalmisteluvaihe pitää sisällään tilaelementtikokonaisuuteen tulevien eri osien kokoamista. Tilaelementin suurin esivalmisteltava kokonaisuus koostuu tekniikkanoususta, mikä kuuluu tilaelementin märkätilojen yhteyteen. Tekniikkanousuun on sijoitettu kaikki tilaelementtiin tuleva tekniikka ja LVIS-järjestelmät. Kiintokalusteet valmistetaan tehtaalla erikseen ja kalusteen kootaan valmiiksi tuotantolinjalle oikealle kokoonpanopaikalle. Esivalmisteluun kuuluu myös tilaelementin sisältämien putkiosien ja sähköjohtojen oikeisiin mittoihin leikkaaminen ja osakokonaisuuksien valmistelu. Tilaelementteihin asennettavat osat on valmisteltu ennen asentamista mahdollisimman pitkälle, jotta itse asennustyö sujuisi mahdollisimman yksinkertaisesti. (Ollila 2019)

Runkovaiheessa rakennetaan tilaelementtien alapohjarunko, jonka päälle elementtiseinät sekä yläpohjaelementti asennetaan. Tilaelementin alapohjarunkoon asennetaan ennen seinäelementtejä kylpyhuoneen esivalettu betoninen lattialaatta, jossa on lattiakaivo ja kallistukset valmiina. Alapohjaelementtiin asennetaan märkätilan tekniikkaseinä, joka pitää sisällään tilaelementin tekniikkanousun sekä hormit. Runkovaiheessa tilaelementtiin myös lisätään ikkunat sekä ovet. Runkovaiheen jälkeen tilaelementti on



kokonaisuudessaan valmis, jonka jälkeen siirrytään tilaelementin sisustamiseen sekä varustamiseen. (Ollila 2019)

Kuvan 15 näyttämässä sisustus- ja varusteluvaiheessa, tilaelementin sisäpuoleiset työt valmistellaan täysin valmiiksi. Näissä vaiheissa tilaelementtien valmistusta rajoittavat ajallisesti materiaalien kuivumisajat. Tilaelementtien sisustamisen ja varustelun jälkeen tilaelementti on täysin valmis, jolloin se sääsuojataan ja siirretään tehtaalla väliaikaisvarastointiin ennen kuljetusta työmaalle. (Ollila 2019)

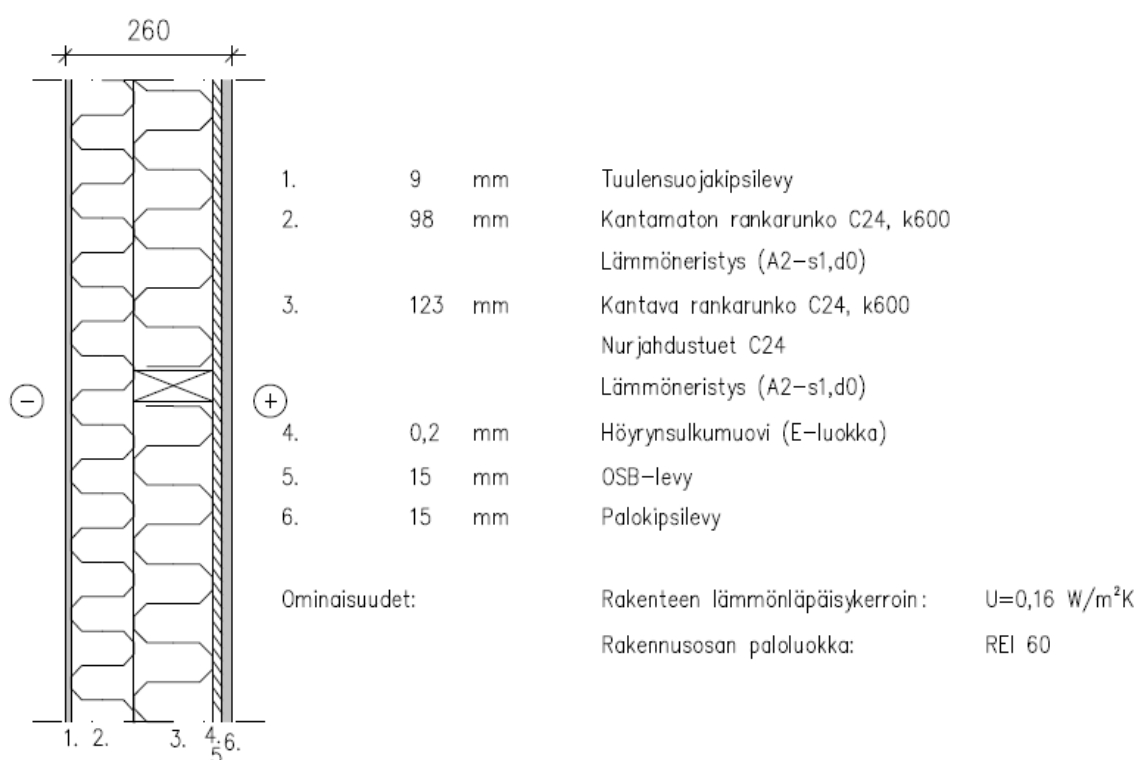


Kuva 15. Tilaelementtien kokoonpanolinjan sisustus- ja varusteluvaihe.

Tilaelementit on suunniteltu siten, että kummallakin tilaelementtejä valmistavalla tehtaalla Oulaisissa ja Hartolassa voidaan valmistaa täysin samanlaisia tuotteita. Oulaisten tehdas asettaa tilaelementtien koolle pituussuunnassa omat rajoitteensa. Tilaelementtilinjasto Oulaisissa rajaa tilaelementin kokonaispituuden rajaksi 9,6 metriä.

### 5.1.5 Rakennetyypit

Tilaelementtien vakioseinärakenne, joka esitetään kuvassa 16, koostuu kahdesta osasta, rakenteen kantava sisäkuorielementti sekä ei-kantava ulkokuorielementti. Seinärakenteen ulkokuoren julkisivumateriaali toteutetaan erillisen suunnitelman mukaisesti, joka lisätään tuulensuojakipsilevyrakenteen ulkopuolelle. Tilaelementeissä on valmiiksi asennettuna eristeet ja höyrynsulku rakennuslevyjen ja rungon muodostaman umpinaisen kappaleen sisälle. Sisä- ja ulkokuorielementit kootaan erikseen ja ei-kantava ulkokuorielementti ripustetaan kantavaan sisäkuorielementtiin ruuvaamalla tilaelementtien kokoonpanovaiheessa.

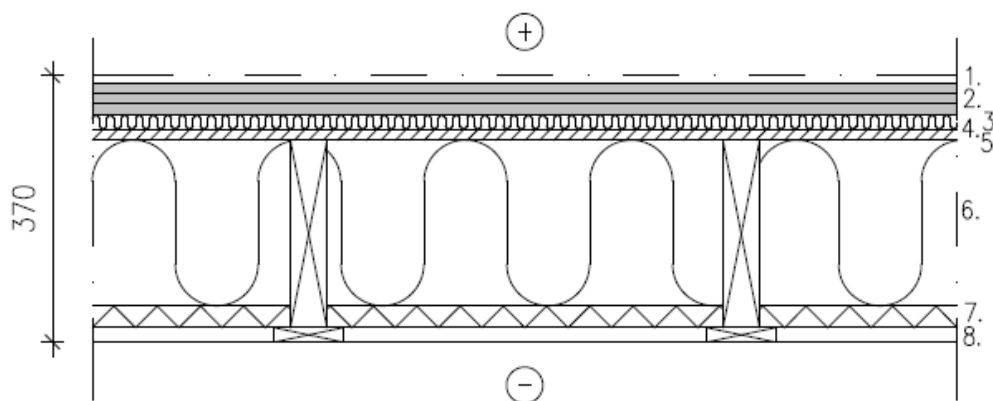


Kuva 16. Tilaelementin ulkoseinärakenteen rakennetyyppi.

Tilaelementtien asennuksessa tilaelementtien ylä- ja alapohjan moduuliväli on noin 12 mm. Moduuliväli muodostuu tilaelementtien kantavien rakenteiden välisestä tärinäeristyksen sekä eristeen paksuudesta. Kuvassa 17 on esitetty kahden tilaelementin välinen välipohjarakenne.







1.	~10 mm	Lattiamateriaali
2.	45 mm	Palokipsilevy 3 x 15 mm
3.	20 mm	Askeläänieriste
4.	0,2 mm	Höyrynsulkumuovi (E-luokka)
5.	15 mm	OSB-levy
6.	260 mm	Kerto-S runko, k600
		Poikittaisjäykisteet palkkien väleissä
	230 mm	Lämmöneristys (0,037 W/m <sup>2</sup> K)
7.	30 mm	Tuulensuojavilla (A2, s1-d0)
8.	20 mm	Tukilaudat

Ominaisuudet:	Rakenteen lämmönläpäisykerroin:	U=0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Rakennusosan paloluokka:	REI 60

Kuva 18. Tilaelementin alapohjarakenteen rakennetyyppi.

### 5.1.6 Energiatohokkuus

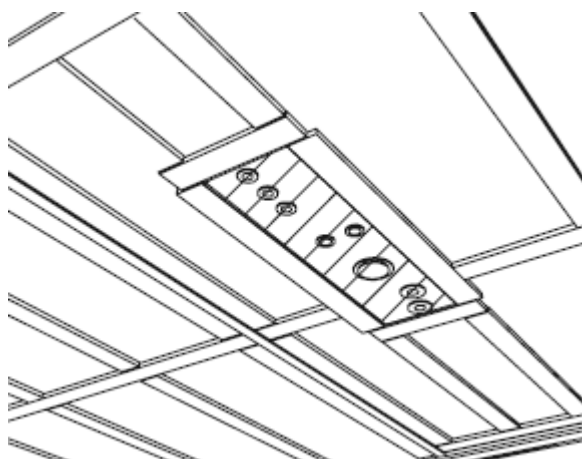
Tilaelementtien kansallisen varmennustodistuksen myöntämisen edellyttämät arviontiperusteet asettavat tilaelementtien rakenteille perusvaatimuksia tilaelementtien energiatohokkuudesta. Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, ylä- tai alapohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,60 W/(m<sup>2</sup>K) sekä lämpimän tilan ikkunan lämmönläpäisykerroin enintään 1,8 W/(m<sup>2</sup>K) ja puolilämpimän enintään 2,8 W/(m<sup>2</sup>K). Tilaelementtien lämmönläpäisykerroin ilmoitetaan sekä sen sisältämien ikkunoiden ja ovien U-arvot ilmoitetaan erikseen. (Finotrol 2013)

Tilaelementin rakenneosien lämmönläpäisykerroin ovat 0,16 W/m<sup>2</sup>K seinärakenteelle, 0,13 W/m<sup>2</sup>K alapohjarakenteelle ja tilaelementtirakenteisen puukerrostalo konseptin mukaisessa yläpohjarakenteessa 0,09 W/m<sup>2</sup>K. Tilaelementtirakenteisen lisäkerroksen

lämmönläpäisykertoimet ovat huomattavasti parempia kuin 1960- ja 1970 luvun asuinkerrostalon rakenneosien. Tämä vaikuttaa huomattavasti koko rakennuksen energiankulutukseen, jolloin lisäkerroksen energiankulutus on huomattavasti pienempi asuinkerrostalon energiankulutukseen nähden, mikäli asuinkerrostalon julkisivurakenteita ei saneerata.

### 5.1.7 LVIS läpiviennit

Tilaelementin pohjassa sijaitsevat läpivientien paikat, jotka johtavat tilaelementin tekniikkaseinässä LVIS-vedot kerrokseen. Tekniikkaseinän liitokset ja kytkennät toteutetaan perustuksien ryömintätilassa, jossa rakennuskokonaisuus yhdistetään tarvittaviin LVIS-verkkoon. Tilaelementin pohjassa sijaitsevat läpivientien periaatepiirros esitetty kuvassa 19. Tilaelementtien liittämistä varten tilaelementin alle vaaditaan tilaa asennuksen ja mahdollisten huoltotöiden varalta.



Kuva 19. Tilaelementtien läpiviennit elementin pohjassa.

Tilaelementin pohjaan liitetään huoneiston viemäri-, lämpö- ja vesi-, sähkö- ja sprinklerijärjestelmät. Ilmanvaihtoputket liitetään tilaelementtien yläpohjasta, mutta ne kulkevat samassa tekniikkaseinässä rakennuksen pystysuunnassa. Tekniikkaseinän läpivienteihin on asennettu valmiiksi palokatkot suunnitelmien mukaan.

### 5.1.8 Tilaratkaisut

Tilaelementtien tilaratkaisut ovat hyvin yksinkertaistettuja ja pelkistettyjä pohjaratkaisuiltaan. Pienemmissä tilaratkaisuissa märkätilat sijaitsevat tilaelementin

kulmassa sekä märkätilaa rajoittavalla seinällä on keittiökalusteet. Isommissa tilaratkaisuissa tilaelementtien keittiöt sijaitsevat toisessa tilaelementissä. Yksiön ja kaksion sisäänkäynti sijaitsee asunnon päädyssä, mutta kuten kolmio ja neliö asunnon tapauksessa sisäänkäynti on myös mahdollista toteuttaa tilaelementin pitkälle sivulle. Tilaelementeillä toteutettavat tilaratkaisut on esitetty kuvassa 20.

Tilaratkaisuna yksiö koostuu yhdestä tilaelementistä, mutta tilaelementtejä yhdistelemällä luodaan isompia tilakokonaisuuksia. Tilaelementtejä yhdistävät aukotukset toteutetaan tilaelementtejä koottaessa. Aukotuksiin lisätään kuitenkin levyrakenteet, jotta tilaelementti säilyttää rakenteellisen jäykkyyden kuljetuksen aikana. Aukkojen levyrakenteet avataan työmaalla tilaelementtien asennuksen jälkeen ja aukotuksen viimeistelytyöt tehdään työmaalla.



Kuva 20. Deco-konseptin mukaiset tilaelementtien tilaratkaisut.

## 5.2 Tilaelementtisuunnitelmat

Tilaelementtien suunnitelmat ovat kokonaisuudessaan yhdistelmä rakenne, LVIS- ja tuotantosuunnitelmia. Tilaelementtituotannolle tuotetaan pelkän rakennekokonaisuuden lisäksi muita tuotantoa avustavia suunnitelmia, joiden avulla tilaelementtituotanto pystyy toteuttamaan materiaalien määrälaskennan ja tilaamaan tuotannossa tarvittavat materiaalit yksityiskohtaisen tarkasti (Ollila 2019). Tilaelementtituotannon tarvitsemat tuotantokuvat ovat erittäin monipuolisia ja tarkkoja yksityiskohtia sisältäviä suunnitelmia.

Tilaelementtien lopullisten tuotantosuunnitelmien on myös oltava huomattavasti aikaisemmin valmiina rakentamisprojektissa. Tilaelementtisuunnitelmien on oltava valmiina 6 viikkoa ennen tuotannon alkua määrälaskentaa ja tilattavien materiaalien takia, mutta normaalista tuotannosta poikkeavien tuotteiden toimitusajat vaativat lisääaikaa tuotannon valmisteluun (Ollila 2019). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että suunnittelu-aikataulussa on otettava huomioon hyvin aikaisessa vaiheessa tilaelementtien täyden kokonaisuuden edellyttämät yksityiskohdat.

## 5.3 Muutokset tilaelementeissä

Tilaelementtien rakenteellisessa kokonaisuudessa sekä toteutettavuudessa tuotannolliset vaikutukset ovat isot. Rakennerungon suunnittelu on kokonaisuudesta vain pieni osa verrattuna suunnitelmien yhteensovittamiseen. Tuotannolle valmisteltavien tuotantokuvissa eri suunnitteluosapuolien yhteensovittaminen tuottaa haasteita suunnitteluosapuolien välillä. Tilaelementtituotannon tuotannonohjausjärjestelmässä on tilaelementtien osalta tarkat kuvaukset jokaisen yksittäisen rakennusosan osalta. Tilaelementin LVIS-osat valmistellaan tuotantolinjalle määrämittäisinä valmisosina, joille kullekin löytyy valmiit tuotantosuunnitelmat. Tuotannossa käytössä olevat kokoonpanojen asennusohjausjärjestelmät (jigit) ovat valmiille vakiotuotteille mitoitettuja. (Vänttilä 2019)

Mikäli tilaelementtien vakiotuotetta halutaan muuttaa, täytyy olla varmuus siitä, että se on tuotannollisesti mahdollista. Tilaelementtituotantolinjan vetäjän Ollilan mukaan pienet rakenteelliset tai mittamaailman muutokset eivät tuo tuotannolle liian suuria haasteita, mikäli niissä pysytään tuotannon rajoitteiden sisällä, mutta usein muutokset

vaikuttavat myös kokonaisuudessa moneenkin asiaan (Ollila 2019). Lehto Components Oy:n tilaelementtituotanto on suunniteltu puurakenteisia uudiskohteita varten, jossa tilaelementtien vakioitavuus ja tilaelementtien sarjatuotanto on mahdollista. Tilaelementtituotetta on mahdollista muuttaa, mutta isoissa muutoksissa on kysymys jo kokonaisen uuden tuotteen suunnittelusta.

## **6 TILAELEMENTTITUOTTEET SOVELTUVUUS LISÄKERROSRAKENTAMISEEN**

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Lehto Components Oy:n valmistamien tilaelementtien soveltumista sellaisenaan lisäkerrosrakentamiseen. Tilaelementti sellaisenaan soveltuu lisäkerrosrakentamiseen, sen ollessa valmis rakennekokonaisuus. Rakenteellisesti tilaelementti on soveltuva lisäkerrokseksi, mikäli tilaelementin kantavat linjat ovat samassa linjassa vanhan kerrostalon kantavien linjojen kanssa tai lisäkerroksen tuentaa varten rakennetaan välipohjarakenne, joka siirtää rakenteiden kuormituksia. Vaikka 1960- ja 1970-luvun rakennuskannassa on huomattavissa yhdenmukaisuuksia eivät pohjaratkaisut ole aina täysin identtisiä, jolloin laajamittaista toistettavuutta on haastavaa toteuttaa. Lisäkerrosrakentamiskohteissa toteutetaan joka tapauksessa yksilöllisiä tutkimuksia rakenteista ja toteuttamaan suunnittelua vanhan rakennuksen asettamilla ehdoilla.

Vanhan rakennuksen ja lisäkerrosten välisen välitilan rakenteeseen vaikuttavat monet eri osapuolet. Välitilassa on joka tapauksessa oltava asennusta varten tilaa, jotta tilaelementtien LVIS-tekniikka on mahdollista asentaa. Rakenteellisesti välitilan korkeus ei ole ongelmallisia, mutta toteutuksen sekä rakennuksen elinkaaren aikaisen toimivuuden puolesta on otettava huomioon kaikki tekijät.

Lisäkerrosrakentamiseen liittyviä rajoituksia ja haasteita tulee suunnitteluorganisaatiossa käydä läpi laajasti. Etenkin lisäkerroksen LVIS-suunnittelun osa-alue tuo projektin toteuttamiselle isoja haasteita, kuinka lisäkerroksen LVIS-tekniikka saadaan toimimaan hyvin vanhan asuinkerrostalon tekniikan kanssa sekä asennusten toteuttavuuden osalta. Arkkitehtisuunnittelun osa-alueet tuovat lisäkerrosrakentamiselle useita reunaehdoja asemakaavoituksen sekä toiminnallisen kokonaisuuden osalta.

### **6.1 Suunnittelu**

Esivalmistetut tilaelementit tuovat rakentamiselle kustannussäästöjä sekä esivalmistuksella pystytään vaikuttamaan laadunvarmistamiseen sekä rakennustuotteen mittatarkkuuteen. Jotta tilaelementtien esivalmistuksesta hyödytään mahdollisimman paljon, on rakennuskokonaisuudessa käytettävien eri variaatioiden määrä pidettävä

kohtuullisena. Tilaelementtituotteet kannattavuus perustuu toistettavissa olevien työvaiheiden helpouteen sekä tuotannon tehokkuuteen.

Suunnittelun haasteena on tilaelementtituotteen soveltuvuuden mahdollistaminen lisäkerrosrakentamiskohteissa eri suunnitteluosapuolien osalta. Haasteita tuovat vanhan kerrostalon sekä lisäkerroksen välisen välitilan toteutus sekä rakenteiden tuennan toteuttamismahdollisuudet, jotta valmiit tilaelementtituotteet voidaan hyödyntää lisäkerrosrakentamiseen. Rakennesuunnittelun näkökulmasta lisäkerrosrakentaminen tilaelementeillä on mahdollista, mutta suurimmat haasteet kohdistuvat muille suunnitteluosapuolille. Välitilan osalta on pohdittava, onko siellä sijaitsevan tekniikan osalta huoltotarvetta, jolloin välitila on oltava riittävän korkea. Tuentapalkiston osalta on tärkeää selvittää, mikä on tuentaan vaadittava jakoväli, jotta tilaelementit olisivat vapaasti sijoitettavissa.

#### **6.1.1 Lähtötiedot**

Lisäkerrosten rakentaminen vaatii tarkat lähtötiedot korotettavasta rakennuskohteesta. Rakennusaikaiset suunnitelmat antavat hyvän pohjan rakenteiden ja rakennuksen tutkimiseen. Esitietoihin ei voida kuitenkaan täysin luottaa, joten rakennuskohteessa tehtäviä kuntotutkimuksia sekä rakenneavauksia tulee tehdä rakennuksen rakenteiden selvittämiseksi. Erityisesti betonirakenteiden kantavuuden osalta on tutkittava rakenteiden lujuusominaisuuksia sekä mahdollisia vaurioita.

Tutkimuksen teoriaosuudessa merkittäväksi tekijäksi olemassa olevan asuinkerrostalon kantavuuden kannalta on se, että onko rakennuksen perustuksilla lisäkapasiteettia lisäkuormituksille. Rakennuksen perustustapaan ja perustusten toteutukseen on kiinnitettävä tarkkaa huomiota ja laskennallisesti on osoitettava perustusten kantavuus myös lisäkuormitukset huomioon ottaen. Asuinkerrostalon perustusten kantavuutta verrataan olemassa olevan kerrostalon kuormituksiin, jolloin saadaan selville, onko perustuksille mahdollista asettaa lisäkerrosten tuomia lisäkuormituksia.

Rakennuksen jäykistävät rakenteet tulee tutkia ja laskennallisesti todeta riittävätkö vanhan rakennuksen jäykistävät seinärakenteet lisäkerroksien tuomia lisäkuormituksia. Lisäkerroksen rakenteiden ankkurointi jäykistäviin rakenteisiin tulee toteuttaa siten, vaakasuuntaiset kuormitukset kohdistuvat oikein jäykistäville rakenneosille.

Esivalmisteosien käytölle olennaista on mittatarkoista esitiedoista varmistuminen, jotta välttyttäisiin virheiltä. Vanhojen rakennesuunnitelmien mittatiedoista on varmistuttava kohteessa paikan päällä tehtyjen mittauksien avulla. Tilaelementin muutokset toimituksen jälkeen ovat erittäin työläitä ja lähes mahdottomia, jolloin virheiden sattuessa tilaelementti on pahimmassa tapauksessa käyttökelvoton rakennuskohteessa.

Esitietojen osalta tärkeää on varmistua rakennuskohteen vanhan asuinkerrostalon kantavien rakenteiden keskinäisestä asemoinnista, mikä vaikuttaa tilaelementtien tuentaan. Yläpohjarakenteen korkeusasemien selvittäminen on olennaista tilaelementtien tasaisen aseoinnin kannalta. Yläpohjarakenteen päälle tehtävät tasaukset tasoittavat rakennuslujustan, jotta lisäkerroksessa ei ole korkeusheittoja.

### **6.1.2 Rakenteiden tuenta**

Kirjahyllyrunkoisen asuinkerrostalon kantavat pystyrakenteina toimivat rakennuksen päädyt, porrashuoneen seinät sekä rakennuksen lyhemmän sivun suuntaiset kantavat väliseinät. Lisäkerroksen rakentamisen etuna olisi, että kantavat rakenteet asemoitaisiin vanhan asuinkerrostalon kantavien rakenteiden kanssa samaan linjaan. Mikäli kantavia linjoja joudutaan siirtämään, voidaan olemassa olevan kerrostalon yläpohjan päälle rakentaa osittainen tai kokonainen tuentapalkisto, joka siirtää elementtien kuormituksia kantaville rakenteille. Kuormien siirtäminen voi mahdollisesti olla myös paikallista, jolloin kuormia siirtäviä palkistoja rakennetaan ainoastaan paikallisesti.

Olemassa olevan kerrostalon katolle rakennettavat lisäkerrosten perustukset voivat vaihtoehtoisesti olla teräsbetoni, teräs tai puurakenteisia. Betonirakenteet tuovat rakenteelle kuitenkin huomattavasti lisää massaa, mikä tekee vaihtoehdosta epäedullisen. Teräs ja puurakenteet ovat puolestaan kevyitä, joten niiden käyttö on suotavaa.

Tilaelementtien rankarungossa olevat kaksinkertaisten pystytolpat kantavat rakennuksen vesikattorakenteen kuormituksen, joten tuentapisteen olisivat edullisinta sijoittaa niiden mukaan. Kyseinen tuentamenetelmä vaatisi tilaelementin tuennan rungon pitkällä sivulla 6-8 pisteestä seinärungon kaksinkertaisten runkotolppien jakovälin mukaan, jolloin tuennan jakoväli on suhteellisen tiheä. Tilaelementin pitkän sivun suuntainen jatkuva tuki toteuttaisi tilaelementtien alkuperäisen tuentasuunnitelman periaatteet. Tilaelementtien lyhyen päädyn pystysuuntaiset kuormitukset siirtyvät kahteen suuntaan kantavan



rakenteen periaatteen mukaisesti, jolloin ne aiheuttavat pistemäisen kuormituksen pitkän sivun päätyihin.

Tilaelementin rakenteessa pituussuuntaisella sivulla kuormituksia siirtävänä rakenneosana toimii rakenteen alapohjan rungon reunapalkit. Tilaelementin alapohjarakenteessa pääkannattajana on 51 mm leveä Kerto-S palkki, joka on rakenteessa puristusjännityksen alaisena ja kantaa tilaelementtien kuormitukset perustuksille. Rakennuksen tuennan osalta on olennaista selvittää puristettavan reunapalkin puristuskestävyys sekä taivutuskestävyys lisäkerrosten tuentaa varten.

### **6.1.3 Kantavien rakenteiden tarkastelu ja jäykistys**

Olemassa olevan kerrostalon kantavien rakenteiden toimintaperiaate tulee selvittää jo ennen lisäkerrosrakentamisen suunnittelun aloitusta. Rakennuksen perustusten kantavuus, kantavien rakenteiden rakennetekniset ominaisuudet sekä rakennuksen jäykistysperiaate ohjaa lisäkerrosrakentamisen mahdollisuutta rakenneteknisestä näkökulmasta. Kantavien rakenteiden alkuperäiset suunnitelmat eivät pelkästään riitä kantavuuden arvioimisen lähtötietoina. Seinärakenteissa on saatettu rakennuksen elinkaaren aikana tehdä avauksia tai muutoksia, jotka vaikuttavat suoraan rakennuksen kantavien rakenteiden toimintaperiaatteisiin.

Kallion, tiiviin maa-aineksen tai tukipaalujen varaan perustettujen rakennusten geoteknisen sekä perustusten ja paalujen rakenteellisen kantavuuden ja kapasiteetin arvioiminen asettaa lisäkerrosrakenteille reunaehdoja kuormitusten suhteen. Paaluperustukselle asetetut lisäkuormitukset ovat hyvin epäedukkaita sekä paaluperustuksien vahvistaminen on erittäin työlästä. Mikäli perustusten osalta lisäkuormitusten asettaminen on mahdollista, voidaan rakenteellisessa kantavuudessa siirtyä arvioimaan kantavien rakenteiden kestävyyttä. Rakennuksen kantavien rakenteellinen paksuus on yleensä 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostaloissa ääneneristävyyssyistä paksumpi kuin vaadittaisiin. Suunnittelun osalta tärkeämmäksi muodostuu kuormitusten johtumisen tarkastelu.

Lisäkerroksen kuormitusten johtuminen kantaville rakenteille sekä erityisesti pistemäisten kuormitusten kohdistuminen vanhoille rakenneosille on rakennuksen kantavuuden tarkastelun osalta olennaista. Kantavien betoniseinärakenteiden raudoituksen merkitys kantavuuteen vaikuttaa olennaisesti betonin lujuuteen, jolloin

raudoitteet tulee tarkistaa kohdekohtaisten tutkimusten avulla. Pistemäisten kuormitusten kohdistuminen kantaville betoniseinärakenteille tarkastetaan laskennallisesti rakenteellisen kestävyyskannalta.

Rakennuksen jäykistysjärjestelmän toteutus tulee selvittää lisäkerrosrakentamiskohteen rakennesuunnitelmien perusteella. Lisäkerrokset lisäävät rakennuksen vaakasuuntaisia kuormituksia kasvaneen korkeuden tuoman lisätuulikuorman muodossa, jolloin jäykistysjärjestelmän riittävyys tulee arvioida kohdekohtaisesti. Lisäkerroksen rakenteiden ankkurointi olemassa olevan kerrostalon jäykistäviin rakenteisiin tulee suunnitella ja osoittaa laskennallisesti toimivaksi.

Tilaelementtien liitos kantaviin rakenneosiin tulee suunnitella siten, että rakennuksen vaakasuuntaiset kuormitukset siirtyvät oikealla tavalla olemassa olevan rakennuksen kantaville ja jäykistäville rakenneosille. Tilaelementti tulee ankkuroida kantaviin rakenteisiin ja siten estää rakenteiden vaakasuuntaiset siirtymät sekä siirtää kuormitukset rakenteen jäykistäville rakenneosille. Asennuksen kannalta tilaelementtien ankkurointi on suunniteltava siten, että se on helposti toteutettavissa.

1960- ja 1970-luvun betonirakenteiset asuinkerrostalon ovat lähtökohtaisesti erittäin lujatekoisia ja kantavat rakenteet eivät tuota suuria esteitä lisäkerrosrakentamiselle. Rakennuksen perustuksien ja pituussuuntaisten jäykistävien rakenneosien tarkempi tarkastelu on olennaista jo lisäkerrosrakentamisen mahdollisuuksia mietittäessä. Lisäkerrosrakentamishankkeen suunnitteluvaiheessa on tärkeää tutustua asuinkerrostalon rakenteellisen toteuttamistapaan ja selvittää rakenteellisesti rajoittavien rakenneosien lisäkuormituskapasiteetti.

#### **6.1.4 Muut suunnitteluosapuolet**

Tilaelementtirakenteiden lisäkerrosten LVIS-tekniikka on projektin osalta yksi haastavimmista osa-alueista. Vanhan asuinkerrostalon ilmanvaihdon jatkaminen lisäkerroksen rakentamisen yhteydessä sekä tilaelementtien LVIS-liitännät määrittelevät reunaehdot lisäkerrosrakentamiselle. Lisäkerrosrakentamisen LVIS-ratkaisuista vastaa projektin LVIS-suunnittelija.

Automaattisen sammutusjärjestelmän suunnittelusta vastaa sprinklerisuunnittelija. Sprinklerijärjestelmien vaatimukset tulee selvittää ennen projektin alkua ja mikäli

sprinklerijärjestelmän vaatimukset on mahdollista täyttää rakennuskohteessa. Lisäkerrosrakentamiskohteen sprinklerijärjestelmän vaatimukset tulee täytyä, mikäli rakennusta halutaan korottaa kahdella lisäkerroksella.

Arkkitehtisuunnittelu on tärkeässä roolissa lisäkerrosrakentamisessa erityisesti rakentamisen lupakäsittelyvaiheessa. Lisäkerrosrakentamista määrittelevät asemakaavalliset rajoitteet sekä kaupunkikuvalliset tekijät kuuluvat projektin arkkitehdin tehtäväalueeseen. Arkkitehtisuunnittelun tulee olla tietoinen tilaelementtituotteet asettamista rajoituksista ja toteuttamismahdollisuuksista. Tilaelementtien käyttö korotusrakentamisessa rajoittaa lisäkerroksen huoneistojen tilaratkaisuja sekä huoneistojen vapaata sijoittelua lisäkerroksissa.

## 6.2 Välitila

Tilaelementtirakenteisen lisäkerroksen ja olemassa olevan asuinkerrostalon välinen ilmaräily määrittyy lisäkerrosten tuennan, LVIS-laitteiston sekä asennukseen ja huoltotoimenpiteisiin tarvittavan tilan perusteella. Nykymuotoisen tilaelementtituotteen tapauksessa välitilan korkeudessa olisi hyvä toteuttaa ryömintätilaa vastaavan tilan korkeus, vähintään 800 mm. Tilaelementtikohdeissa, joissa tilaelementtien alapuolella sijaitsee betonirakenteinen väestönsuoja tai varastotila, välitila on tuuletettu alipainetuulettimilla. Välitilan on tarkoitus olla lämmin tila, jolloin sitä ei ole mahdollista toteuttaa vapaasti tuulettavana. Lisäkerrokseen jatketusta porrashuoneesta on esimerkiksi mahdollista toteuttaa välitilan koneellinen tuuletus ja huoltoreitit.

Rakennusosien välitilassa voidaan joutua tekemään vaakasiirtoja vanhan asuinkerrostalon ilmastointikanaville sekä vesi- ja viemärijärjestelmille. Rakennusosien välitilan suunnittelussa yhteistyö eri suunnitteluosapuolien kesken on tärkeää toimivan kokonaisuuden kannalta. LVIS-suunnittelun osapuolen tulee olla hyvin perehtynyt tilaelementtituotteen LVIS-osuuteen, jotta toiminnallinen kokonaisuus vastaa tilaelementtien toimintaperiaatetta. Välitilan osalta rakenteellinen kokonaisuus sekä LVIS-järjestelmät määrittelevät tilan tarpeen ja välitilan yhteensovittamisen, jolloin tiivis yhteistyö on tärkeää suunnittelussa.

### 6.2.1 Tuentapalkisto

Tuentapalkiston pääperiaatteena on siirtää kuormituksia, mikä mahdollistaisi tilaelementtien vapaan sijoittelun. Tuentapalkisto tai niin sanottu arinapalkisto siirtää lisäkerroksen kuormitukset olemassa olevan asuinkerrostalon kantaville rakenteille sekä mahdollistaa tekniikan kuljettamisen välitilassa. Mikäli tilaelementtejä ei voida sijoittaa olemassa olevien kantavien rakenteiden kanssa samaan linjaan tuentapalkistolla pyritään paikallisesti tai kokonaisvaltaiseen kuormien siirtämiseen. Arinarakenteella on mahdollista tukea tilaelementit niiden kantavien linjojen suuntaisesti kuten tilaelementtikonseptissa tai poikittaissuuntaisesti, jolloin tuenta on pistetuenta tilaelementtien kantavilla linjoilla.

Tilaelementtien rankarakenteiden kantavat pystylinjat ovat 600 mm jaolla sekä joka toinen pystylinja on kaksinkertainen vesikaton tuentapisteitä varten. Kantavan linjan tuentapisteitä ajatellen 1200 mm jako olisi käytännöllinen tilaelementtien sekä kattorakenteen kuormitusten tuennassa. Välitilan tuentapalkiston kannalta 1200 mm jakoväli on huomattavan tiheä.

Kahden lisäkerroksen tuentatapauksessa alemman tilaelementin alapohjan kuormituksia siirtävän 51 mm leveän Kerto-S reunapalkin tukipainekestävyys ja tarvittavien tuentapisteiden määrän laskenta on esitetty liitteessä 1. Tilaelementin, jonka pituus on 9,6 m ja leveys 4,2 m sekä arvioitu omapaino 13 000 kg, riittävä tukipisteiden määrä tilaelementin pitkällä sivulla reunapalkin tukipainekestävyyden osalta on 7 kappaletta, käyttöasteella 90 %. Rankarungon kaksinkertaisten pystylinjojen jako on 1200 mm kattorakenteiden tuentaa varten. Jos tukipisteitä sijoitettaisiin 1200 mm välein, tuennan käyttöaste on 70 % yhdeksällä tuentapisteellä. Tuentapalkin leveys on oletettu olevan 200 mm, jolloin alapohjan reunapalkin puristuspinta kontaktipinnan kasvatuksen jälkeen on  $230 \times 51$  mm. Kattorakenteiden kuormitukseksi on arvioitu  $1 \text{ kN/m}^2$  sekä hyötykuorma eurokoodi 5 mitoitusoppaan mukaan  $2,0 \text{ kN/m}^2$ . Lumikuorman ominaisarvona laskennassa on käytetty eteläisen Suomen maksimiarvoa  $2,75 \text{ kN/m}^2$  sekä muotokertoimen arvoa 0,8. Laskenta on toteutettu puurakenteiden suunnittelun lyhennetyn suunnitteluohje (Eurokoodi 5: RIL 205-1-2009) mukaan (Kevarinmäki, 2011).

### **6.2.2 Ääneneristys**

Tilaelementtituotteista vanhemman mallin osalta ääneneristävyyskokeen ovat osoittaneet ääneneristävyys suunnitteluarvojen täyttymisen. Nykyisen tilaelementtituotteen osalta ääneneristävyys kokeita ei ole toteutettu ennen tätä tutkimusta, mutta arvojen oletetaan parantuneen päivitettyjen rakenteiden ansiosta. Ääneneristävyys arvot vastaavat asuinkerrostalon nykymääräyksiä.

Tilaelementtien äänen johtuminen vanhan kerrostalon rakenteisiin eristetään tärinäeristeiden avulla. Olemassa olevaan kerrostaloon johtuvat äänet etenevät kantavien rakenteiden kautta, joiden eristäminen on äänenjohtumisen kannalta tärkeää. Projektissa on tärkeää varmistua äänenjohtumisesta akustiikkasuunnittelijan kanssa, joka vastaa rakenteiden ääneneristävyys suunnittelusta.

### **6.3 Vanha ja uusi vesikatto**

Olemassa olevan kerrostalon vanha vesikattorakenne puretaan kokonaisuudessaan yläpohjan kantavaan betonilaattaan asti. Vesikattorakenteen osittainen purku, kattorakenteiden säilyttäminen tai uusiokäyttö ei ole kannattavaa. Vesikaton purkamisen jälkeen on varmistuttava yläpohjarakenteen tilasta. Erityisesti kosteuden aiheuttamat vauriot yläpohjan kantavalle betonilaatalle on arvioitava ja tarkoituksenmukaiset korjaustyöt tehdään ennen lisäkerrosten tuentaan vaadittavien työvaiheiden aloittamista.

Uusi vesikattorakenne toteutetaan kevytrakenteisena esimerkiksi puusta. Tilaelementtikohteissa käytetyt lohkoihin jaettavat kattoelementit lisäävät vesikaton osalta esivalmistusastetta. Lohkot voidaan kasata työmaalla kokonaiseksi tai osittaisiksi katon osiksi, jotka nostetaan tilaelementtien asennuksen yhteydessä osissa tilaelementtien päälle kattorakenteeksi. Kattorakenteen suojatessa tilaelementtejä sään rasituksilta viimeistelytyöt voidaan toteuttaa.

### **6.4 Kosteudelta suojaus**

Lisäkerrosten rakentamisen kosteudelta suojaus tapahtuu rakennuksen huputtamisella. Rakennusaikana jo vanhan vesikaton purkamisen yhteydessä on rakennus suojattava kosteudelta ja huolehdittava, että vanha yläpohja, joka toimii lisäkerroksien perustuksena, on kosteudelta suojassa ja riittävän kuiva. Lisäkerroksen pohjarakenteiden kosteudelta

suojaus on erittäin tärkeässä roolissa etenkin, jos rakennusmateriaalit ovat eloperäisiä ja rakennustarvikkeiden kosteudelle altistuminen on mahdollista.

Tilaelementtien valmistuksen jälkeen tilaelementit suojataan sään vaikutuksilta tehtaalla, mikä suojaa tilaelementtejä kuljetuksen aikaiselta rasitukselta. Työmaalle saapuessa tilaelementit puretaan sääsuojasta ja nostetaan paikalleen. Tilaelementtien asennuksen kannalta on tärkeää, että nostamisen aikaiset sääolosuhteet ovat hyvät ja tilaelementti ei pääse altistumaan kosteudelle. Niin kauan, kunnes lisäkerroksen tilaelementtirakenteet on katettu uudella vesikatolla, toimii sääsuoja huputus suojana säävaikutuksilta.

Rakennuksen kattorakenteiden purkamisen seurauksena rakenteiden rakennusaikainen suojaus kosteudelta on tarpeellista. Sääsuojan kustannukset koostuvat säähuputukseen tarvittavasta ajasta, koosta sekä osittaisten tai kokonaisten avaamisien lukumäärästä. Lisäkerrosrakentamisen yhteydessä käytettävä sääsuoja on rakentamisen kokonaiskustannuksissa suuri kustannustekijä, mutta välttämätön. Sääsuojaa vaativat työvaiheet liittyvät rakennuksen kattorakenteiden purkuun sekä asuinkerrostalon ja lisäkerroksen välisen välipohjan rakentamisvaiheeseen, jonka jälkeinen asennustyö ei itsessään vaadi täyttä sääsuojaa. Sääsuojan osalta projektille sopivan vaihtoehdon löytäminen on kustannusten sekä kosteusriskin välttämisen osalta tärkeä työvaihe, jonka toteutuksesta voidaan käydä läpi eri vaihtoehtoja.

Asuinkerrostalon korotetun osan alapohjan ja välitilan kosteustekninen toteutus on tärkeää lisäkerrosrakentamisen kannalta, sillä se on niin lisäkerroksille kuin alemmalle asuinkerrostalolle kosteuden puolesta riski. Välitilassa kulkevat vesi- ja viemärijärjestelmät sekä niiden liitosten ei voida olettaa toimivat täysin moitteettomasti. Katon ja parvekkeiden vedenpoisto tulee suunnitella uudelleen, ellei kohteessa pyritä käyttämään hyväksi asuinkerrostalon vanhaa sadevesiviemärintiä, mikä on hyvin usein tasakattoisissa asuinkerrostaloissa rakennuksen läpi kulkeva sisäinen sadevesiviemäri.

## **6.5 Palotekninen suunnittelu**

Puurakentamisessa palotekniset määräykset ja vaatimukset säätelevät lisäkerrosten rakentamista tarkasti. Yhden kerroksen korotushankkeessa lisäkerrosta ei tarvitse suojata automaattisella sammutusjärjestelmällä. Kahden kerroksen korotuksessa lisäkerrokset sekä ylin olemassa olevan kerrostalon kerros tulee suojata automaattisella

sammutusjärjestelmällä. Ylimmän olemassa olevan asuinkerrostalon kerroksen sprinklerijärjestelmän toteutus on haasteellista ja se, että toteutetaanko se kerroksessa vai välitilan kautta. Mikäli sprinklerijärjestelmä voidaan toteuttaa rakennuksen vanhan osan ja lisäkerrosten välisessä välitilassa sprinklerille vaadittavia vesiputkistoja ei tarvitse sijoittaa kerrokseen, jolloin työskentely asuinkerroksissa vähenee.

Automaattisen sammutusjärjestelmän käyttöönottoon liittyy kuitenkin useita haasteita. Sprinklerijärjestelmän vaatimus edellyttää rengasvesijohdon sekä veden paineen, virtaaman ja vedentulon riittävyyteen liittyviä vaatimuksia, mitkä eivät välttämättä toteudu rakennuspaikasta riippuen. Automaattisen sammutusjärjestelmän vesimäärät on selvitettävä vesilaitokselta ja useissa tapauksissa järjestelmä vaatii omat vesisäiliöt sammutusvedelle, jolloin järjestelmän toteuttaminen tuo huomattavia lisäkustannuksia kahden kerroksen korotushankkeisiin. Automaattisen sammutusjärjestelmän toteuttaminen on suunniteltava ja sen rakentamisen mahdollisuudet sekä rajoitukset tulee selvittää tapauskohtaisesti. (Niemi 2019)

Rakennuksen paloturvallisuutta tarkastellaan kokonaisuutena sekä erilaisten paloturvallisuutta lisäävien laitteiden lisääminen parantaa rakennuksen paloturvallisuutta. Lisäkerrosten paloteknisestä toteutuksesta on suositeltavaa tilata aiheeseen perehtyneen palokonsultin lausunto, jossa otetaan kantaa paloturvallisuutta lisäävien laitteiden vaikutuksesta mahdollisiin helpotuksiin haasteellisissa tapauksissa. Erityisesti olemassa olevan asuinkerrostalon muutokset porrasmuutoksissa ja mahdollisen uuden hissin paloturvallisuuden suunnittelu on tärkeää lisäkerrosrakentamisessa.

Lähtökohtaisesti lisäkerroksen tai lisäkerrosta varten rakennettavat lisärakenteet kuten uusi porrasmuutos tai hissi ei saa vaikuttaa heikentävästi olemassa olevan asuinkerrostalon paloturvallisuuteen. Palon leviäminen on estettävä nykymääräysten mukaisesti ja erityisesti rakennuksen hätäpoistuminen on toimittava kokonaisuutena. Mikäli asuinkerrostalon asuinkerrokseen tehdään muutoksia lisäkerrosten rakentamisen yhteydessä, on paloturvallisesta toteutuksesta varmistuttava viranomaisen kanssa.

## 7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa ilmeni, että lisäkerrosrakentamiseen liittyy monia yksittäisiä haasteita, joiden ratkaiseminen vaatii laajamittaista tarkastelua eri osapuolilta rakentamishankkeessa. Laajan lisäkerrosrakentamisen konseptin kannalta eri suunnitteluosapuolien sekä toteutuksesta vastaavien osapuolien kokonaisuuden suunnittelu on isossa roolissa. Tilaelementtituote tuo itsessään haasteita lisäkerroksen toteutukseen, mutta ne eivät kuitenkaan ole täysin käyttökelvottomia lisäkerrosrakentamiseen.

Rakennesuunnittelun kannalta on mahdollista toteuttaa tilaelementtien tuenta ja kuormituksia siirtävät palkkirakenteet. Rakennesuunnittelu ei lisäkerrosrakentamisen osalta tuo korottamiselle esteitä. 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalot on rakennettu samoin rakenteellisen perustein ja samoilla rakennevahvuuksilla kerrosluvusta huolimatta. Tämän perusteella voidaan yksinkertaisesti päätellä, että matalimmat rakennukset sallivat helposti kevytrakenteiset lisäkerrokset. Rakennusta korottaessa huomioitava ero tulee rakennuksen vanhan osan jäykistävässä rakenneosissa. Rakennuksen kantavuuden tarkastelu etenkin rakenteiden perustusten sekä jäykistyksen osalta on projektin kannalta olennaista jo hyvin varhaisessa vaiheessa.

Tilaelementtituote on nykymuodossaan soveltuva lisäkerrosrakentamiseen, mutta sen asennuksen ja toteutukseen liittyy muutamia haasteita. Erityisesti tilaelementtien pohjassa sijaitsevat LVIS-läpiviennit tuovat haasteen asuinkerrostalon yläpohjan ja lisäkerroksen alapohjan väliselle välitilalle, jossa laitteiston asennus ja huoltotyöt olisi toteutettava ahtaassa tilassa. Nousuelementti toimii tilaelementeissä kerrosten välisen LVIS-tekniikan siirtämisessä, mutta rakennusosien välisessä tilassa se tuo haasteen läpivientien toteuttamiselle. Asennuksen ja huoltotoimia varten tarvittava tila tilaelementtien alapohjassa on mietittävä rakennuksen koko elinkaaren ajalle eikä voida olettaa, että välitilaan pääsy on rajoitettu rakentamisen jälkeen.

Tilaelementtituotteen varioitavuus ja mahdollisten muutoksien laajuus on tilaelementtituotannon kannalta haasteellista. Tilaelementtituote on tuotannon lähtökohdista pyrittävä pitämään mahdollisimman samanlaisena, jolloin tuotannollinen toistettavuus olisi mahdollista. Tilaelementteihin liittyvät haasteet lisäkerrosrakentamisen osalta olisi kuitenkin ratkaistavissa pienillä muutoksilla tilaelementeissä. Tilaelementtien



kannalta suuremmat muutokset kuitenkin tarkoittavat sitä, että sitä käsiteltäisiin jo uutena tuotteena, jota varten toteutettaisiin uudet tuotantosuunnitelmat.

Lisäkerrosrakentamisen potentiaalin ollessa uudisrakentamiseen verrattuna huomattavasti pienempi ei voida olettaa, että lisäkerrosrakentamiselle kehitetään täysin omaa tilaelementtituotetta. Lisäkerrosrakentamiselle räätälöidyn tilaelementtituotteet kehityksen ja tuotannon aloittamisen kustannukset ovat korkeat. Tilaelementtien jatkokehityksessä kuitenkin voidaan ottaa huomioon tekijät, jotka vaikuttavat tilaelementtien käyttömahdollisuuksien laajentamiseen lisäkerrosrakentamisella. Nykyinen tilaelementtituote kuitenkin tuottaa haasteita lisäkerrosrakentamisen osalta ja vaikuttaa siten epäedukkaasti korottamishankkeen toteuttamiseen.

Tilaelementtituotetta ollaan jatkokehittämässä, jotta tilaelementeillä rakennettavien yli 4 kerroksisten puurakenteisten asuinkerrostalojen rakentaminen olisi mahdollista. Tilaelementtien jatkokehitys keskittyy erityisesti rakenteen jäykistysominaisuuksien parantamiseen ja kuormien siirtymisen yksinkertaistamiseen, jolloin rakenteelliset muutokset ovat väistämättömiä. Tuotekehityksen aikana on mahdollista ottaa huomioon suosituksia, jotka avustaisivat myös tilaelementtien hyödyntämismahdollisuutta lisäkerrosrakentamiseen, jolloin tilaelementtituotteen käyttömahdollisuudet laajentuisivat.

Tilaelementtituotteen käyttömahdollisuudet lisäkerrosrakentamisessa vaativat huomioimista joko lisäkerrosten suunnittelussa tai tuotannollisilla muutoksilla. Lehto Components Oy:n tuottamien tilaelementtien käyttö lisäkerrosrakentamisessa johtaa kolmeen eri vaihtoehtoiseen ratkaisuun:

Ensimmäisessä vaihtoehdossa nykyisen tilaelementtituotteet hyödyntäminen lisäkerrosrakentamiseen vaatii tilaelementtien LVIS-tekniikkaan vaadittavien läpivientien asennuksen ja toteutuksen osalta korkean välitilan, jossa vaakavedot, asennukset ja mahdolliset huoltotyöt pystytään toteuttamaan. Tilaelementtien alapohjan kantavat palkkirakenteet edellyttävät joko jatkuvan tuennan koko elementin pitkillä sivuilla tai jakovälille 1200 mm tuennan, mikä on välitilan asennusten kannalta haasteellista. Välitilan korkeuden minimimitta on 800 mm, joka vastaa ryömintätilan korkeutta sekä tilaelementtien tuenta toteutetaan suhteellisen tiheällä arinapalkistolla yksi- tai kaksinkertaisella palkkijaolla. Tuenta pyrkii mahdollistamaan tilaelementtien vapaan sijoittelun olemassa olevan kerrostalon päälle. Tilanteissa, joissa kantavien

väliseinärakenteiden keskinäiset etäisyydet vastaavat tilaelementtien leveyttä on mahdollista toteuttaa lisäkerroksen tuenta suoraan samaan linjaan kantavien seinärakenteiden kanssa.

Toinen vaihtoehto edellyttää, että tilaelementeissä tehdään lisäkerrosrakentamista palvelevia rakenteellisia muutoksia erityisesti kantavien rakenteiden osalta, jolloin tuentapisteiden asettelu on helpommin toteutettavissa. Mikäli tilaelementin tuenta olisi mahdollista toteuttaa pienemällä jakovälillä tilaelementtien pitkillä sivuilla pistemäisinä tuentoina, jolloin asennustöitä ja läpivientejä varten välitila olisi helpommin toteutettavissa. Tämä ei kuitenkaan muuta välitilan tilantarvetta, jolloin välitilan korkeus noudattaa samaa 800 mm ryömintätilan korkeutta. Tilaelementtien kantavien rakenteiden osalta etenkin alapohjan reunapalkkien rakenteellisen kantavuuden parantaminen mahdollistaa tuennan toteuttamisen pienemmillä jänneväleille, jolloin arinapalkiston rakenne ei ole yhtä massiivinen.

Kolmas vaihtoehto edellyttää, että tilaelementtien jatkokehityksessä otetaan huomioon lisäkerrosrakentamiseen liittyvät haasteet tilaelementtien tulevan LVIS-tekniikan sekä kantavien rakenteiden tuentaa helpottavien rakenneosien osalta. Tämä tarkoittaa sitä, että LVIS-tekniikan liittäminen tilaelementtiin olisi toteutettavissa jollakin muulla tavalla kuin tilaelementtien alla. Lisäkerrosten välitilan vaatima korkeus ei määrittäisi silloin enää LVIS-tekniikan läpivientien, asennuksen ja ryömintätilan perusteella. Jatkokehityksen osalta tulisi myös huomioida tilaelementtien kantaville rakenteille kohdistuvien pistemäisten tuentojen mahdollistaminen.

Tilaelementtituotteen osalta on muistettava, että se on kehitetty uudisrakentamista varten, jossa tilaelementit määrittelevät perustusten koon ja paikan. Mikäli tilaelementtejä pyrytään hyödyntämään lisäkerrosrakentamisessa tilaelementtituotteen sekä tuotannon on pystyttävä joustamaan tilaelementtien koon sekä toiminnan puolesta pienissä määrin. Tilaelementtien leveyden ja pituuden vaihtelut lisäkerrosrakentamiskohteissa on yksi lähtökohta toimivan toteutuksen kannalta.

Tilaelementtien ankkuroimisessa olemassa olevan kerrostalon kantaviin ja jäykistäviin rakenteisiin on myös kehitettävää. Tilaelementtien ollessa valmiita tilakokonaisuuksia kantavien rakenteiden ankkuroiminen toteutetaan yleensä vinoruuvauksella rakenteen ulkopuolelta sekä asennuksessa tilaelementtien välisessä saumassa toisen sivun kiinnitys

ei silloin toteudu. Rakennesuunnittelun osalta on siis selvítettävä, onko tilaelementtien ankkuroinnin toteutus riittävä lisäkerrosrakentamiseen.

Lisäkerrosrakentamisen osalta yhdistelemällä eri esivalmisteosia voitaisiin päästä parhaaseen lopputulokseen. Osaltaan rakentamisessa voitaisiin käyttää tilaelementtejä siellä, minne ne parhaiten soveltuvat ja tilaelementeillä vaikeammin toteutettavissa olevat osat rakennetaan suurelementeillä tai muilla tavoin. Tilaelementtejä on kuitenkin mahdollista soveltaa lisäkerrosrakentamiseen ja useiden lähteiden perusteella niiden käyttö olisi myös suotavaa, mutta kokonaisuuden toteutuksessa tulee ottaa huomioon kaikki tilaelementtien käyttöön liittyvät haasteet.

Esimerkiksi Ruotsissa puurakenteisten lisäkerrosten rakentaminen on jo pitkällä, sekä vanhojen kaupunkirakenteiden kehittäminen on myös ajankohtaista. Ruotsin markkinoita puoltavat myös asuinalueiden korkeampi hintataso sekä kova asuntotarve. Lehto on laajentanut jo toimintaansa Ruotsiin, jossa lisäkerrosrakentamiselle on ainutlaatuiset mahdollisuudet Suomeen verrattuna. Referenssikohteita Ruotsissa rakennetuista lisäkerrosrakennuksista riittää ja ottaen huomioon, että Ruotsin esikaupunkialueet ovat talotyypeittäin hyvin verrattavissa Suomen rakennuskantaan. Suomessa potentiaalin ollessa vielä hieman pienempi vastaava potentiaali on huomattavasti suurempi Ruotsissa. Ruotsissa myös palomääräykset koskien lisäkerrosrakentamista eroavat Suomen palomääräyksistä, edistäen rakennusten korottamista.

## LÄHDELUETTELO

- Amer. M., & Attia, S., 2017 Roof Stacking: Learned Lessons from Architects. Liege, Belgia: SBD Lab, Liege University, 88 s. ISBN 978-2-930909-03-5
- ARA, 2016. Tutkitusti parempi lähiö - Asuinalueiden kehittämisohjelman tutkimusjulkaisu. Helsinki: Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus, 159 s. ISBN 879-952- 11-4550-6
- Boverket, 2019. Boverket's building regulations - mandatory provisions and general recommendations, BBR [verkkodokumentti]. Tukholma, Ruotsi: Boverket, National Board of Housing, Building and Planning. Saatavissa: <https://www.boverket.se/en/start/publications/publications/2019/boverkets-building-regulations--mandatory-provisions-and-general-recommendations-bbr/> [viitattu 8.4.2019]. 154 s.
- Derbyshire, A., 2018. Partnering with London to deliver an innovative new homes model [verkkodokumentti]. Lontoo, Iso-Britannia: Mayor of London, Londonassembly. Saatavissa: <https://www.london.gov.uk/sites/default/files/Apex%20Airspace%20Development%20%282251%29.pdf> [viitattu 12.4.2019]. 6 s.
- Finotrol, 2013. FC-5 Puurakenteiset elementit. Kansalliset arviointiperusteet. Mikkeli: Finotrol, 22 s.
- Friberg, R. & Karlin, V., 2015. Påbyggnad av miljonprogrammets flervåningshus ur ett bärformågeperspektiv. Opinnäytetyö. Helsingborg, Ruotsi: Lund University, LTH School of Engineering, 126 s.
- Hartiala, K., Ahlava, A., Harris, T., Nieminen, E., Saari, A., Seppälä, T. & Suominen, J., 2012. Uudistuva kaupunki. HOT-R -tutkimushankkeen loppuraportti. Helsinki: Aalto-Yliopisto, Arkkitehtuurin laitos, 253 s. ISBN 978-952-60-3618-2
- Helsingin rakennusvalvonta, 2015a. Savunpoisto rakennuksista. Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto, 6 s.

- Helsingin rakennusvalvonta, 2015b. Esteetön rakennus (F1) Asuntosuunnittelu (G1). Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto, 12 s.
- Helsingin Rakennusvalvonta, 2019. Poikkeaminen asemakaavasta ja/tai muista rakentamista koskevista määräyksistä. Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto, 9 s.
- Huhtala, O., 2017. Rakennusten korottaminen: Mahdollisuudet Helsingin kantakaupungissa. Kandidaatintyö. Espoo: Aalto-Yliopisto, Arkkitehtuurin laitos. 24 s.
- Hytönen, Y. & Seppänen M., 2009. Tehdään elementeistä: suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Helsinki: SBK-säätiö 2009, 332 s. ISBN 978-952-92-5772-0
- Hällgren, H. & Falge, V., 2017. Påbyggnader på befintliga flerbostadhus. Opinnäytetyö. Tukholma, Ruotsi: KTH Royal Institute of Technology, 36 s.
- Jantunen, J., 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Perustelumuistio. Helsinki: Ympäristöministeriö, 50 s.
- Johansson, B. & Thyman, M., 2013. Strengthening of buildings for storey extension. Göteborg, Ruotsi: Chalmers University of Technology, 130 s.
- Jordabalk, 1970:994. Asetettu Tukholmassa 17.12.1970.
- Junnonen, J.-M. & Lindstedt, T., 2011. RIL 258-2011 Teolliset ratkaisut korjausrakentamisessa. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, 59 s. ISBN 978-951-758-539-2
- Kaasalainen, T., 2015. Betonilähiö joustaa muuttuviin asumistarpeisiin. *Betoni*, 85 (2), S. 54-59.
- Kaasalainen, T. & Huuhka, S. (2016). Homogenous homes of Finland: 'Standard' flats in non-standardized blocks. *Building Research and Information*, 44 (3), S. 229-247.

Kaupunkisuunnittelulautakunta, 31/2015. Kaupunkisuunnittelulautakunnan päätös 31/2015: Asuintonttien pysäköintipaikkamäärien laskentaohjeet. Helsinki: Helsingin kaupunkisuunnittelulautakunta, 8 s.

Kevarinmäki, A., 2011. Puurakenteiden suunnittelu: lyhennetty suunnitteluohje. Helsinki: Puuinfo 2011 55 s.

Koskisen, 2015. Lisäkerrosrakentaminen toi uusia asuntoja peruskorjattavaan kerrostaloon [verkkajulkaisu]. Järvelä: Koskisen. Saatavissa: <https://www.koskisen.fi/referenssit/hakapaavon-lisakerros-hyvinkaa-2015/> [viitattu 20.3.2019].

Koskisen uutissivusto, 2015. Koskiselta ja Constilta lisäkerros Hyvinkäälle [verkkajulkaisu] Järvelä: Omistautunut Puulle, Koskisen uutissivusto. Saatavissa: <https://omistautunutpuulle.koskisen.fi/fi/rakentaminen/koskiselta-ja-constilta-lisakerros-hyvinkaalle> [viitattu 20.3.2019].

Kylliäinen, M. & Keronen, A., 1999. Lisärakentamisen rakennetekniset mahdollisuudet lähiöiden asuinkerrostaloissa. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, 59 s. ISBN 952-15-0160-X

Laaksonen, J.-P. & Kräkin, S., 2018. RIL 195-1-2018 Rakenteellinen paloturvallisuus: yleiset perusteet ja ohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, 175 s. ISBN 978-951-758-637-5

Lahtela, T., 2018. Paloturvallinen puutalo: asuin- ja toimitilarakentaminen. Helsinki: Puuinfo Oy, 103 s.

Larsen, L. R., 2006. SOLTAG - energy housing [verkkodokumentti]. Hørsholm, Tanska: Velux Group. Saatavissa: <http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/Soltag%5B1%5D.pdf> [viitattu 22.2.2019].

Levanto, R., 2019. Helsingin rakennusvalvonta, Rakenneteknisen yksikön päällikkö. Haastattelu 18.2.2019

- Lindgren, A., 2016. Påbyggnad i Umeå visar fördelarna med trä [verkkojulkaisu]. Bygdsiljum, Ruotsi: Hållbart Byggade Saatavissa: <https://hallbartbyggande.com/martinsons/pabyggnad-i-umea-visar-fordelarna-med-tra/> [viitattu 28.4.2019]
- Lukkarinen, S., Kärki, A., Saari, A. & Junnonen, J.-M., 2011. Lisärakentaminen osana korjausrakentamishanketta, 27. Helsinki: Ympäristöministeriö, Ympäristöministeriön raportteja, 47 s. ISBN 978-952-11-3931-4
- Luoma-Halkola, P., 2013. Lähiökerrostalon lisäkerrosrakentamisen tekniset elementtiratkaisut ja kustannusvaikutukset täydennysrakentamisessa. Diplomityö. Espoo: Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos, 113 s.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki, 1999/132. Annettu Helsingissä 5.2.1999.
- Mattila, J. & Peuhkurinen, T., 1999. Lähiökerrostalon lisärakentamishankkeen tekninen esiselvitysmenettely: korjaus- ja LVIS-tekninen osuus. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, 48 s. ISBN 952-15-0229-0
- Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Vikström, K., Mäenpää, R., Saarenpää, J. & Tähti, E., 1994. Kerrostalot 1960-1975. Helsinki: Rakennustietosäätiö, 288 s.. ISBN 951-682-279-7
- Männistö, T., 2013. TeeMan Oy, Rakennesuunnittelija. Haastattelu 8.1.2013. Haastattelija Luoma-Halkola, P.
- Männistö, T., 2019. TeeMan Oy, Rakennesuunnittelija. Haastattelu 19.3.2019.
- Neuvonen, P., Mäkiö, E., Flink, S. & Lindh, T., 2006. Kerrostalot 1880-2000 - arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. Helsinki: Rakennustieto, 288 s. ISBN 951-682-794-2
- Niemi, M., 2019. Lehto Remontit Oy, LVI-Projektipäällikkö. Haastattelu 28.4.2019

- Nordberg, K., 2013. Puurakenteisten lisäkerrosten toteuttaminen betonielementtirunkoiseen asuinkerrostaloon. Diplomityö. Espoo: Aalto-Yliopisto, Rakennustekniikan laitos, 130 s.
- Ollila, J.-P., 2019. Lehto Components Oy, Tuotantolinjan vetäjä. Haastattelu 3.4.2019
- Ooshuizen, R., Palit, N., Dove, C., Bergin, R., Mason, D. & Bagnall, V., 2016. London's Rooftops: Potential to Deliver Housing [verkkodokumentti]. Lontoo, Iso-Britania: HTA Design LLP, Apex Airspace Development. Saatavissa: <http://www.apexairspace.co.uk/wp-content/uploads/2017/03/HTA-P-Rooftop-Development-Report.pdf> [viitattu 15.2.2019]. 44 s.
- Pedersen, P. V., 2007. Solar Low Energy Building in Denmark [verkkodokumentti]. Herlev, Tanska: Cenergia Energy Consultants. Saatavissa: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9106.pdf> [viitattu 26.4.2019]. 4 s.
- Pekka, T., Pelvas, P. & Peltonen, J., 2018. Asuinkerrostalojen hissittömyys, 1. Helsinki: Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus, Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja, 105 s. ISBN 978-952-11-3105-9
- Pelastuslaki, 2011/379. Annettu Helsingissä 29.4.2011.
- Pikkarainen, H. & Kurki-Issakainen, K., 2017. Helsingin kaupungin Asemakaavoitusosasto, Kantakaupunkitiimin päällikkö & asemakaava-arkkitehti, Haastattelu 29.6.2017. Haastatteliija Huhtala, O.
- Puhakka, A., 2019. Lehto Tilat Oy, Ruotsi, Head of Commercial Buildings. Haastattelu 8.5.2019.
- Rahtola, R., Rönkä, K. & Tervaskanto, K., 2005. Hissi tuli taloon - Kokemuksia hissin rakentamisesta, 794. Helsinki: Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö, 79 s. ISBN 951-731-154-0
- RT 98-11215, 2016. Autosuojat. Helsinki: Rakennustietosäätiö, 4 s.



- Santaoja, T., Siivola, M., Marttila, M., Manninen, R., Sädevirta, S., Huhdanmäki, A., Sohn, A.-M., Tuominen, E., Tani, A. & Mattila, M., 2008. Esikaupunkien renesanssi: Esikaupunkien kehittämisen toimintatapoja. Helsinki: Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 41 s. ISBN 978-952-223-298-4 (PDF)
- Soikkeli, A., Koiso-Kanttila, J., Sorri, L., Pallari, T., Pettersson, P. & Ranta V.-P., 2015. Korjaa ja korota – kerrostalojen korjaamisen ja lisäkerrosten rakentamisen ratkaisuja. Oulu: Oulun Yliopisto, Arkkitehtuurin osasto, 205 s. ISBN 978-952-62-0727-8
- Spirkova, D. & Cagánová, D., 2015. Smart Housing in Sustainable Development. Internet of Things: IoT Infrastructure, vol 151 S. 52-59. ISBN 978-3-319-19743-2
- Sundström, J. 2014. Lisä- ja muutosrakentamisen rakennetekniset haasteet. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakentamisen koulutusohjelma, 73 s.
- Tolppanen, J., Karjalainen, M., Lahtela, T. & Viljakainen, M., 2013. Suomalainen puukerrostalo - rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Opetushallitus, Puuinfo, 194 s. ISBN 978-952-13-5541-7
- TOPTEN – rakennusvalvonnat, 2018. Uloskäytävän perusvaatimuksia P1-asuinrakennuksessa [verkkodokumentti]. TOPTEN-rakennusvalvonnat : 117b 28 muutos A. Saatavissa: <https://www.pksrava.fi/doc/tulkintakortit/MRL-117b28.pdf> [viitattu 16.3.2019].
- Törmänen, E., Joulukuu 2017. Puurakentaminen kasvaa Ruotsissa rajusti – tehtaiden tuotanto ei enää pysy persässä [verkkojulkaisu]. Helsinki: Alma Talent Oy, Tekniikka & Talous. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/puurakentaminen-kasvaa-ruotsissa-rajusti-tehtaiden-tuotanto-ei-ena-pysy-perassa-6693185> [viitattu 4.5.2019]
- Valtioneuvoston asetus, 2011/408. Valtioneuvoston asetus väestönsuojista. Annettu Helsingissä 5.5.2011.

- Vanha-Viitakoski, T., 2014. Rakennesuunnittelijan tehtävät lisäkerrosrakentamishankkeessa. Diplomityö. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto, 135 s.
- Vänttilä, V., 2019. Lehto Asunnot Oy, Elementti-/rakennesuunnittelija. Haastattelu 4.4.2019.
- Ympäristöministeriön asetus, 2017/1047. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Annettu Helsingissä 22.12.2017.
- Ympäristöministeriön asetus, 2017/782. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Annettu Helsingissä 24.11.2017.
- Ympäristöministeriön asetus, 2017/848. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta. Annettu Helsingissä 12.12.2017.
- Åfreds, J., 2017. Lätta våningar i trä förtätar på höjden [verkkojulkaisu]. Tukholma, Ruotsi: *Byggindustrin*. Saatavissa: <http://byggindustrin.se/artikel/fordjupning/latta-vaningar-i-tra-fortatar-pa-hojden-25596> [viitattu 3.5.2019].

Liite 1. Tilaelementin tukipainekestävyyden laskenta ja tuentapisteiden määrittely.

Laskenta perustuu Eurokoodi 5 mukaiseen laskentamenettelyyn, RIL 205-1-2009:  
 Puurakenteiden suunnittelu: Lyhennetty suunnitteluohje  
 Kerto-S materiaaliominaisuudet: Kerto käsikirja 2017: Mekaaniset ominaisuudet

Tilaelementin alapohjan reunapalkin tukipainekestävyyden laskenta

Puun ominaisuudet:  $k_{c,90} := 1.0$  Kerto-käsikirja:  
 mekaaniset ominaisuudet,  
 $f_{c,90,k} := 6 \frac{N}{mm^2}$  (2017). Taulukko 8 ja  
 taulukko 1

Puurakenteiden käyttöluokka 2. (Kohta 2.6)  
 Materiaalin osavarmuuskerroin  $\gamma_m := 1.2$  (Taulukko 2.7)  
 Muunnoskerroin käyttöluokassa 2, keskipitkässä aikaluokassa  $k_{mod} := 0.8$  (Taulukko 3.1)

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 4 \frac{N}{mm^2} \quad (2.12)$$

Tuennan kosketuspinta  $l := 200 \text{ mm}$  Rakenteiden tuennan  
 $l_{c,90,ef} := 230 \text{ mm}$  palkkirakenteen leveys oletetaan  
 olevan 200 mm

Tilaelementin kuormitukset ja mitat  $L := 9.6 \text{ m}$   $B := 4.2 \text{ m}$   $A := L \cdot B = 40.32 \text{ m}^2$

Omapaino  $m_o := 13000 \text{ kg}$   $G_{kj,o} := m_o \cdot g = 127.486 \text{ kN}$

Kattorakenne  $g_{kj,k} := 1 \frac{kN}{m^2}$   $G_{kj,k} := g_{kj,k} \cdot A = 40.32 \text{ kN}$

Hyötykuorma  $g_k := 2.0 \frac{kN}{m^2}$   $G_k := 2 \cdot g_k \cdot A = 161.28 \text{ kN}$

Lumikuorma  $s_k := 2.75 \frac{kN}{m^2}$  ja  $\mu_i := 0.8$   $Q_{k,2} := s_k \cdot \mu_i \cdot A = 88.704 \text{ kN}$

Tilaelementtien tuennan tapauksessa lisäkerroksia on 2 kpl  
 Yhdelle sivulle vaikuttavien kuormitusten kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa:  
 Hyötykuorma on määräävä muuttava kuormitus.

$$G_{yhteensä} := 1.15 \cdot (2 \cdot G_{kj,o} + G_{kj,k}) + 1.5 \cdot G_k + 1.05 \cdot Q_{k,2} = 674.646 \text{ kN} \quad (2.3)$$

Kuormitukset yhdellä sivulla  $G := \frac{G_{yhteensä}}{2} = 337.323 \text{ kN}$

Tukipaine kosketuspinnalle  $l_k := 230 \text{ mm}$   $b_k := 51 \text{ mm}$   $A_t := l_k \cdot b_k = 0.012 \text{ m}^2$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{G}{A_t} = 28.757 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Tukipaine kerroin } k_c := \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90}, \text{ missä} \quad (5.2a)$$

$l_{c,90,ef}$  tehollisen kosketuspinnan pituus lisäämällä kosketuspinnan  $l$  molemmin puolin 15 mm

$l$  kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$$k_c = 1.15$$

$$k_c \cdot f_{c,90,d} = 4.6 \frac{N}{mm^2}$$

Kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_c \cdot f_{c,90,d}, \text{ kun tarvittavien tukipisteiden lukumäärä on } n \quad (5.2)$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq n \cdot k_c \cdot f_{c,90,d}$$

$$n \geq \frac{\sigma_{c,90,d}}{k_c \cdot f_{c,90,d}} \rightarrow n \geq 6.2515848900997052174 \quad n := 7$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq n \cdot k_c \cdot f_{c,90,d} = 1 \quad \text{Käyttöaste: } \frac{\sigma_{c,90,d}}{n \cdot k_c \cdot f_{c,90,d}} \cdot 100 = 89.308$$

ok!

=> 90 %

Tuentapisteiden keskenäisen etäisyyden maksimiarvo 1200 mm (pystytolppien jakoväli k600). Jos tuenta toteutetaan jokivälillä k=1200 mm

Jolloin tuentapisteiden lukumäärä:

$$n_e := 9 \quad \text{Käyttöaste: } \frac{\sigma_{c,90,d}}{n_e \cdot k_c \cdot f_{c,90,d}} \cdot 100 = 69.462$$

=> 70 %